INGENIERIA
DE
FERROCARRILES

LA TEORIA Y PRACTICA FUNDEMENTAL DE FERROCARRILES, DESDE LA CONCEPCION DEL IDEA HASTA LA TERMINACION DEL TRAZO

POR

VERNE LEROY HAVENS

Member, American Society of Civil Engineers; En Distintas Epocas Ingeniero de Reconocimiento, Trazos, Construccion, y Conservacion de Ferrocarriles en Norte, Central y Sud America; Constructor de Tranvias Electricas, y Obras de Irrigacion; Attaché Commercial a la Embajada Americana en Chile, y a veces Encargado de Estudios Especiales en Argentina para el Ministerio de Comercio de los Estados Unidos

PRIMERA EDICION

NEW YORK
JOHN WILEY & SONS, INC.
LONDON: CHAPMAN & HALL, LIMITED
1917

PRESS OF
BRAUNWORTH & CO.
BOOK MANUFACTURERS
BROOKLYN, N. Y.

PREFACIO

Este libro ha sido preparado para el uso de ingenieros de habla español, y los que desean adquirir ese idioma. Es basado sobre quince años de practica en las varias partes de las Americas, y el autor ha deseado tratar consecutivamente los problemas mas importantes, tomando en consideracion las condiciones existentes en esa parte del mundo.

El autor está especialmente agradecido a los capitalistas, grandes y pequeños, quien ha contribuido directamente al costo de las obras con las cuales el ha estado associado, porque el ha obtenido su verdadera educacion professional por medio de la experiencia que ellos le han facilitado.

Entre las tablas algunas son originales y otras han sido calculadas por otras personas, quienes han autorizado al autor de este libro usarlas. Para el permiso de usar tablas, el autor debe sus gracias especiales a las autoridades siguientes: William H. Hood, Ingeniero en Jefe de los Ferrocarriles Southern Pacific (Ordinados de Rieles y Curvas Espirales); Professor Daniel Carhart, (Logaritmos de Numeros y Formulas Trigonometricas); Transactions, American Society of Civil Engineers, (Amortizacion); A. Lietz, (Medidas Taquimetricas); Walter Loring Webb, (Funciones Naturales Trigonometricas).

Credito debido a otras personas aparece en su propio lugar en el texto.

Verne Leroy Havens.

New York, 20 de Febrero, 1917.

INTRODUCCION

Dedicado por muchos años a diferentes ramos de ingeniería en varios países de la América Latina, he tenido oportunidad de observar que no obstante ser el idioma castellano uno de los mas ricos en literatura clásica, y medio único de expresión de millones de personas de fecunda inteligencia y cultura, carece de una manera notable de escritura técnica.

Si dignas de admiración encontramos las obras de aquellos grandes maestros, no lo son menos las que hoy dia se ven por todas partes, ya en vias de construcción, ya terminadas con todo éxito, la ejecución de las cuales se debe enteramente a los ingenieros, a quien dedico esta obrita, quienes, por falta de materia scientífica en la madre lengua se han visto obligados a costo de doble trabajo, aprender una lengua extraña para sus estudios de textos extrangeros, para poder alcanzar el título profesional.

Si escasas son las obras scientíficas sobre ingeniería en general en el idioma castellano, excepcionalmente raras son aquellas que tratan sobre el desarrollo de proyectos ferroviarios. La importancia de este ramo, el papel que en lo futuro desempeñarán las líneas de comunicación en el engrandecimiento de las Americas, son causas que inspiran este librito. No ha sido escrito con la idea de enseñar a los miembros de la profesión que tienen muchos años de práctica, aunque puede servirles a ellos de vez en cuando para ayudarles a recordar los práctico y problemas elementales que todos nosotros tuvimos que aprender en los primeros años de práctica. Especialmente ha sido escrito el libro para ayudar a los ingenieros que están saliendo de las universidades y escuelas hoy, y que van a tomar nuestros puestos mañana.

Como el alba comercial de los países latino-americanos está rompiendo, y notándose la inclinación de los poderes al mejoramiento y desarrollo de vías de comunicación, lógico es que el jóven de aspiraciones desee tomar parte en el de su país y escoge, desde luego, la carrera de ingeniero.

Para el estudiante recién salido de la clase, parece que ya ha

sido terminada la parte mas difícil de su carrera y desde entonces será mas ideal su camino, pero encuentra que la ejecución de obras está en manos de los que han tenido muchos años de pràctica, y que no hay empresa que confíe capital en sus manos por su falta de experiencia. Muchas veces no quieren ni emplearle como ayudante porque no ha tenido práctica en el ramo especial. Sin embargo, llegará el diá cuando tendrá una oportunidad para demostrar su habilidad, e inmediatemente tiene que entrar en competencia con otros que han tenido mas años de práctica. Es la época mas importante de su vida, porque teniendo éxito en la primera obra, será uno de los reconocidos miembros de la profesión, pero si fracasa su primera obra sus dificultades son mayores que nunca. Su salvación está en estudiar bien la práctica mas moderna, y aventajarse con la experiencia de los que han hecho semejantes obras en el pasado. Estará urgido, porque el tiempo pasa, y habrá mucho que hacer.

El que gasta su tiempo en los detalles de la vida cotidiana, sin la necesidad de hacerlo, comete una falta en contra de si mismo, e indirectamente en contra del Estado y de la Sociedad. El que pierde una hora en la solución de un problema que occure una vez en diez años no ha perdido mucho, pero si es que el problema se presenta cada dia, es muy importante, debido al tiempo valioso que uno puede invertir muy amenudo. He querido pues presentar la solución de ciertos problemas y describir la práctica mas sencilla en ciertas operaciones que se presentan con frecuencia.

Especialmente he querido ayudar a los ingenieros recién recibidos, y si es que mi modo de resolver el problema les sirve, o si es que el libro entero ayuda a los que tienen a su cargo el adelanto de los paises entre los cuales he pasado tantos años placenteros, podré decir que no he vivido en vano.

A lós ingenieros dè la America Latina, pues, dedico este libro, con la esperanza que los datos les serán útiles como han sido para mi.

Cuando he presentado soluciones hechos por otros una nota indica la autoridad, con la excepción de algunas que indican la práctica generalizada y que han sido discutidas por varias personas. Las tablas han sido comparadas con otras de la misma naturaleza, si existen, para evitar errores. La práctica varía, indudablemente, en varias partes del mundo, y no es posible darla toda en un solo texto, pero por lo general he tenido la

idea de elegir la que resulta mas sencilla. Los datos de locomotoras y equipo representan la práctica de Norte America, si no es notado al contrario.

En la práctica es necesario trazar una línea ántes de construirla, y construirla ántes de explotarla, pero ántes de tomar estos pasos será necesario determinar aproximadamente el efecto que tendrá el ferrocarril sobre la zona, es decir, el aumento de valores que causará, y el tráfico existente, y probable. Resultando favorables estos estudios preliminares, entonces se formará la empresa y los ingenieros serán enviados a campo, pero ellos mismos no deben pretender trazar la línea sin entender los medios de explotación, lo que hará una locomotora, el efecto de curvas, rampas, distancia y paradas; tienen que conocer bien los intrumentos, saber arreglar y mantener un campamento bajo dificultades para que la comisión pueda vivir en el campo, y estar bien enterado de las maneras diferentes de obtener los datos necesarios, y los deberes de cada miembro de la comisión.

Estos puntos serán tratados en los capítulos correspondientes.

INDICE GENERAL

CAPITULO I

CAPITULO II

CAPITULO III

CAPITULO IV

CAPITULO V

CAPITULO VI

CAPITULO VII

TABLAS

INGENIERIA DE FERROCARRILES

CAPITULO I

CONSIDERACIONES COMERCIALES PRELIMINARES

GENERALMENTE el deseo de mejorar los medios de comunicación y transportación de carga es común entre todos los productores de una zona, pero no ocurrirá a muchos llevar a cabo una obra como un ferrocarril. Al contrario serán pocos, o al fin, una persona quien tenga confianza el en territorio y bastante imaginación para concebir la idea.

Como acción primera, y sin la inversión de mucho dinero, esa persona puede comprar un mapa y empezar su estudio según el método detallado mas adelante, para formar una opinion coherente sobre la parte comercial del asunto, es decir, el tráfico que producirá el territorio considerado, y el beneficio realizable al Gobierno.

Es claro que no tendrá en su poder todos los datos necesarios, pero no los tendrá nunca hasta que la línea esté en explotación y siempre es necesario empezar por algun punto. Puede ser que no es ingeniero y no pretenderá resolver todos los problemas que produce la topografía, pero el trabajo del ingeniero vendrá en seguida. La parte mas importante es "si la zona necesita, y sostendrá un ferrocarril." Sin contestar estas preguntas en el afirmativo no se debe ir mas lejos porque no valdrá la pena construir medios de transportación si no hay nada que transportar ni si no hay bastante para pagar el costo de cargos fijos mas los gastos de conservación y explotación.

Para el primer estudio no existe necesidad de saber con exactitud el costo probable de la línea, sino una aproximación. En el Uruguay, por ejemplo, el promedio de costo para las líneas de todo el pais es $30,000 dólares cada kilometra de línea, o sea

mas o menos lo que cuesta en la Argentina. Estos precios incluyen terminales, o estaciones en las grandes ciudades, mejoras, descuentos de bonos, ganancias de contratistas, compra de ramales con ganancias exorbitantes, mas una infinidad de otras cosas.

En terreno ordinario en el Uruguay, los ingenieros del Gobierno han fijado $25,000 dólares por kilometro como el total de los gastos para construir y equipar una línea nueva que no tiene gastos extraordinarios como obras de terminales en las capitales, o en puertos. No es fácil el terreno en ese pais, pero la suma mencionada cubrirá los gastos en casi todos los casos, y puede ser tomado en general en un territorio que no exije muchos puentes u obras de arte, o movimiento de mucha roca y tierra. Estas cantidades se basan sobre $6,000 para movimiento de tierra, o roca, mas $3,600 para obras de arte, o sea $10,000. Si uno puede determinar aproximadamente el costo de estas dos clases de obras, no será dificil lo demas del presupuesto. Se puede agregar, digamos, $15,000 por kilómetro para vías, cercas, telégrafo, y los demas gastos que entran en el costo de una línea económica. Digo línea económica, pero sería bastante buena para cualquier territorio nuevo. Una vez habiendo aproximado el costo, y probada la necesidad de tener, y el poder del territorio para sostener un ferrocarril, se dirije a las autoridades correspondientes pidiendo la concesión, derecho, permiso, privilegio, o lo que quieran llamar la autorización que requiere uno para hacer los estudios definitivos.

Ya habiendo llegado a este punto es necesario recoger los datos con mas cuidado y seguridad, para poder interesar los capitalistas. Como ha sido mencionado, el problema del tráfico es el mas importante y es el punto por donde uno debe empezar.

Como la presentación de ejemplos facilita la comprension de reglas, y pudiendo ser de interés al lector el método empleado por el autor en estudios y presupuestos de tráfico sobre una nueva línea en Sud América, es detallado el curso seguido para conectar diversos pueblos con un puerto de mar.

El proyecto fué para un territorio enteramente nuevo, es decir no había competición dentro de límites razonables, que ofreciera peligros al tráfico local.

Los productos de la zona y las mercancías consumidas en ella ántes habian tenido que ser transportadas largas distancias en carretas de bueyes hasta, o desde, un ferrocarril existente en una

dirección, y hasta, o desde, una línea de navegación en otra. Entre muchas de las apreciaciones hechas por el autor se citan las siguientes:

1) "Si una persona puede viajar mas comodamente y con mayor rapidez por la misma suma, lo hará."

2) "Siendo el servicio igual el comprador se inclinará por el mas barato."

3) "No dejará de hacer todo lo que pueda aumentar su peculio."

4) "El público en sus negocios y en sus placeres sigue la línea de menor resistencia."

Por la sencillez de las reglas supradichas estas parecen carecer de importancia, sinembargo formaron la base para los estudios de tráfico. Al empezar el estudio en referencia fué considerado el movimiento del puerto de entrada a la zona, tomando en cuenta las entradas y salidas durante un periodo de algunos años, y haciendo cálculos estimativos para determinar la variación y sus causas. En el último año las entradas acendían a casi el doble de años anteriores, y aparentemente el tráfico aumentaba a razon del ciento por ciento, pero este gran movimiento era de carácter transitorio por representar la entrada de materiales de construcción para las obras del mismo puerto.

Deduciendo estas, resulta que el tráfico había variado muy poco, y quedó asi el elemento con que el ferrocarril pudo contar. Con cinco arterias de communicación se servía el territorio, éstas permitían el tránsito de carga, y sobre cada una de ellas se mantenía tráfico de diligencia y carretas de bueyes. Estas últimas conducían principalmente lana de salida, regresando con mercaderías. En ciertas épocas del año partidas de ganado vacuno destinadas al mercado se servían de estos caminos, y como de costumbre general, hacían jornadas cortas, parandose en puntos donde el ganado podiá pastear. Como los dueños de campo que proporcionan pastoreo cobran a los troperos y carreros un tanto por cabeza pasteada, se simplifica determinar el número de animales que transitan al año por las cuentas de los pastoreros, comprobándose estas cifras consultando las listas del Departamento de Contribuciones.

Dichas listas son consultadas para determinar el numero de vacas en el territorio, y multiplicando esta suma por el coeficiente correspondiente, uno puede saber si es probable tal produccion. En ciertos casos los que salen son mucho mas que los que puedan

ser producidos, porque hay lugares que ofrecen pastos especiales y proteccion contra los elementos, y a veces viene el ganado desde muy lejos para invernar. Resulta, pues, que hay posibilidad de doble trafico para traer y llevarlos, cuando á la primera vista parece que ni pueden ser ciertos los datos antes mencionados, por la falta de vacas.

Tambien puede resultar que la gran cantidad que está saliendo es debido á que ya no hay pasto, y que los ganaderos venden sus vacas. En tal caso puede ser que hay un tráfico enorme existente, y que en uno o dos años no habrá tráfico ninguno. Es necesario, pues, saber, no solamente si el tráfico existe, mas también por qué existe, y si existirá durante la vida del ferrocarril, o si es transitorio.

El Gobierno llevaba cuenta de la lana producida en el país, así como el número de ganado lanar, y de estos datos fué determinada la producción de cada animal, o mejor dicho, el promedio de producción. Comparando esta cifra con las cuentas de los fonderos, y de los copiadores, ó comisionistas de lana, del territorio, fué formada una idea muy cierta de otro elemento de tráfico. Las tierras que sirven para el cultivo no son dedicadas al ganado sin alguna razon económica, y generalmente sucede así porque no es posible cosechar y exportar al mercado los productos de agricultura. Si se determina que el trigo, por ejemplo, vale tanto en el mercado, y que lo pueden poner allá por una suma relativamente baja y que las tierras son buenas para el trigo, y que rendirán entradas altas para el dueño del terreno, no será difícil que lo siembre al tener los medios de comunicación, especialmente si este artículo es importado al país. Pero todo el mundo no está de acuerdo en sembrar trigo, y por eso, fué limitado el presupuesto de la producción de trigo a las tierras planas, en las cuales pasan facilmente las máquinas para sembrar, segar, y trillar; y de estas tierras solamente las mas cercanas a las estaciones propuestas, porque los caminos fueron descuidados. Algunos otros terrenos parecían hechos especialmente para el cultivo do otros artículos, y la producción de cierto porcentage fué incluído en el tráfico probable, siempre tomando en cuenta los límites del consumo del país, la posibilidad de producir las mismas cosas en otras partes, y los gastos de producción comparado con el valor del artículo en el mercado. En caso de resultar una ganancia notable, ésta formó una parte del tráfico probable. Después de hacer el cálculo del tráfico "a

la vista," como las entradas y salidas del puerto, que quedó a una distancia de treinta kilometros del pueblo que servía, y los productos que pasaron todos los años por los caminos conducentes a los ferrocarriles, fué agregada la mitad del tráfico "probable," la cuál producía un interés algo reducido sobre el costo de la línea. Sin embargo, la probabilidad del desarrollo del territorio no era dudoso, teniendo medios de comunicación, y aun con el tráfico "a la vista" era posible pasar los primeros años de la explotación sin pérdida.

Como ha sido dicho antes, hay elementos de tráfico mas o menos seguros con los cuales se puede contar, y que vendrán al ferrocarril si pasa cerca de ellos, pero hay otros elementos que tienen que ser buscados. Son contados entre los últimos, los viajes de pasageros para recreo, y el movimiento de carga de poco valor. El ferrocarril tiene que ofrecer oportunidades especiales, a veces, para que pueda vender su "mercaderia," o transportación. Si es posible, por ejemplo, construir la estación cerca al pueblo, y darles la oportunidad de llegar sin dificultades, muchos viajarán solamente por recreo, cuando no lo harían siendo necesario andar a pié dos o tres kilometros para empezar su viaje. A veces es necesario aumentar las facilidades del movimiento de carga, o lo que es lo mismo, disminuir las dificultades, y hacer todo lo posible para que los contribuyentes del tráfico aumenten sus negocios con la empresa. Si, por ejemplo, el ferrocarril tiene la gran mayoría de su tráfico en una dirección, como las salidas de un territorio ganadero, del cual exportan animales é importan víveres y ropa, resultará una tarifa demasiada alta sobre toda la carga, debido al hecho que cuesta casi lo mismo el movimiento de trenes cargados y vacíos, yá que ganado y mercancias no van en los mismos tipos de carros, y cada carro tendrá que hacer un viaje redondo para llevar una carga en una dirección.

Suponiendo que cuesta a la empresa $1.00 por cada tren kilometro, y que tiene que cobrar el costo del servicio del tren cargado mas 50 per ciento para cubrir sus gastos de administración, gastos fijos, etc., y dejar una ganancia razonable; la tarifa, entonces, sería $1.50 por tren kilometro; pero si tienen que hacer un viaje redondo para llevar la carga en una sola dirección, los gastos serán $2.00. Si obtienen ganancia solamente en la dirección de tráfico, la tarifa tendrá que ser $1.00 para el viaje vacío, mas $1.50 pra el viaje con carga, o sea $2.50.

Resulta un aumento al cliente de $1.00 y la reducción desde $0.50 hasta $0.25 en las ganancias brutas a la empresa, sobre cada tren-kilometro recorrido, la cual no la puede soportar, porque los intereses, administración, etc., no pueden ser pagados con menos de $0.50 según la base tomada. Si es posible obtener tráfico para llenar los trenes vacíos aun poniendo una tarifa de $1.00, la empresa puede eliminar su pérdida enteramente y bajar la tarifa sobre el ganado hasta $2.00. Pueda ser que muchas personas se quejarán de las diferencias en las tarifas, sin pensar que la de $1.00 es sobre una clase de material que no es de valor suficiente para pagar mas, y que, si aumentan el recargo, desaparecerá el tráfico, volviendo así a la condición de $0.50 para la carga principal con pérdida para la empresa. Es importante, pues, en la investigación de tráfico probable, tomar en consideración la clase segunda que puede sostener el ferrocarril pero que por sí solo no deja ganancia. El problema de tarifas es muy grande y requiere mucha consideración, pero las condiciones de cada localidad ofrecen la solución, y aquí no hay lugar para discutirlas. No obstante, vemos, por el ejemplo citado que pueden resultar tan desiguales hasta aparecer injustas al estudiante superficial.

Por supuesto, no se puede incluir en el presupuesto de tráfico lo que está fuera de la influencia del ferrocarril, pero el tráfico es la causa primera de la empresa y determina el trazo mas que cualquiera otra cosa, y si hay bastante trafico fuera de la zona de influencia, el trazo debe ser cambiado, o un ramal considerado. Sobre todo debemos notar que, según la experiencia en Norte América, el comercio entre dos pueblos no varia como la suma de la población, sino como la cuadratura de la suma, e inversamente como la distancia entre los centros de los pueblos. Es decir, si el tráfico entre dos ciudades de 50,000 habitantes cada una es representado por 100, y uno de las ciudades crece hasta tener 100,000, el tráfico no aumenta solamente a 150, sino que á 225 (1.5×1.5), por la cuál vemos el deber de aumentar el número de habitantes a lo largo de la línea hasta donde sea posible. Si se puede aumentar el número de pasageros, la ganancia es grande, porque un carro de pasageros tiene que acompañar al tren aun si no hay mas que un solo ocupante y hay espacio para muchos. En algunas partes de Sud América y Méjico llevan cuenta de la proporción de asientos vendidos, y resulta que venden 40 por ciento del espacio disponible. Claro es que costará muy poco

mas a la Empresa llevar lo restante, o sea 60 por ciento, así multiplicando sus entradas de pasageros por 250 por ciento, sin aumentar sus gastos. Si es posible conectar la playa con centros de población sin aumentar el costo de construcción, o entrar a una ciudad por un lado que ofrece oportunidades para la gente tener quintas baratas, y viajar a la ciudad cada día para el trabajo se puede decir que cada pasaje del suburbio representa una ganancia líquida que no cuesta nada. Si es posible, por ejemplo, obtener cien pasageros diarios a una distancia de quince kilómetros de la ciudad, y cobrarles $10 por mes cada uno, resulta una ganancia de $12,000 por año, y si el dinero vale 10 por ciento este representa un capital de $120,000. Si la diferencia en alquileres para la gente pobre es $6 por mes y puede tener casa sola en suburbio además del ahorro en alquiler, la Empresa puede cobrarles $5 por mes, por transporte a la ciudad. Cien pasageros obreros entonces representarán $60,000 de capital, en el valor del ferrocarril. A veces un pueblo de tres o cuatro mil habitantes ofrece las oportunidades tomadas como ejemplo, lo cuál es una indicación que el pueblo, por pequeño que sea, merece la atención del que estudia tráfico. Si el pueblo está cerca del centro de la zona servida naturalmente por la línea considerada, es aun mas importante, porque llegará el día en que otra empresa piense en la posibilidad de entrar en competencia. Si la otra puede obtener una entrada al tráfico será un vecino peligroso. El tráfico, una vez obtenido, tiene que ser cuidado, y una vez que empieza a tomar otra ruta es muy difícil conservarlo. Otra regla, pues, que debe ser considerada siempre, es: "*haga la línea en tal lugar y de tal modo que cualquiera otra tendrá que gastar mas dinero para obtener el tráfico que la empresa considerada deberá gastar para obtenerlo y retenerlo.*"

Generalmente se desea seguir la ruta mas directa entre los productores y consumidores, para facilitar el comercio, pero sobre todo es deseado por la empresa que sea máximum el tráfico, o entradas, y mínimum los gastos de conservación, explotación, y cargas fijas. A veces la topografía indica que la ruta mas directa no es la mas barata de construir, pero puede ser que el tráfico sea tan grande que la ruta indicada por la topografía es de menos importancia y que los gastos de construcción pueden ser aumentados, pero si es relativamente pobre el territorio, es necesario seguir la ruta natural, disminuyendo el costo, y, probablemente, las entradas. La prosperidad de cual-

quiera línea demanda que haya bastante tráfico para los gastos totales, mas una ganancia. Si existe bastante tráfico, probable, no será difícil determinar, en general, la ruta que uno debe seguir para encontrar una línea de relativamente fácil construcción. Pero fuera de la zona de esta línea podra existir mas tráfico, y el problema es determinar el costo para obtener lo restante del tráfico, aislado, y el valor del mismo. Si vale mas de lo que cuesta, merece un cambio de trazo. También puede merecer atención porque puede invitar a una competición muy cercana.

Es claro que la línea principal no puede pasar por el centro de todas las poblaciones aisladas, pero si es importante el tráfico un ramal puede ser considerado, aunque cueste mas la explotación en remales que en la línea troncal, debido a muchas razones. Generalmente un pueblo que merece solamente un ramal, no dará productos en carros enteros sino en una variedad de productos, que entre todos llenan cierto numero de carros. Resulta que tienen que ser transbordados en la unión con la línea principal. Esta operación cuesta dinero, no obstante las tarifas tienen que ser tan bajas que inviten al tráfico. Siendo corta la línea la Empresa tendrá que pagar mas por kilómetro por tren que en otras líneas, porque los empleados ganarán mas o menos los mismos sueldos y viajarán menor distancia. La locomotora teniendo que estar preparada todos los días, cuesta lo mismo que qualquiera otra locomotora del mismo tipo, y trabaja menos tiempo. El tráfico de un ramal, muchas veces, no produce ganancia por sí mismo, pero paga los gastos para obtenerlo y entregarlo a la línea principal en la cuál produce ganancia casi líquida porque representa un aumento que hubiera sido perdido sin el ramal. Se ve, pues, que el estudio del tráfico de un ramal varia mucho del estudio del tráfico de la línea principal. Sabiendo que no es posible ganar mucho en esta clase de líneas, es necesario construir el ramal de tal modo que los cargos de interés sobre el capital sean lo menor posible, así como los gastos do conservación de la propiedad, dejando subir, si es necesario, los gastos de explotación, porque es poco el tráfico. Gran diferencia hay pues, entre el ramal con poco tráfico y la línea principal. Ahora es posible enunciar otra regla que servirá de guía, la cual es: *Como los gastos son la suma de intereses sobre el costo de construcción mas los gastos de conservacion mas los gastos de explotación, en una linea de poco tráfico se puede aumentar mucho el*

costo de explotación para bajar un poco los otros gastos, y en una línea de mucho tráfico se puede aumentar mucho los otros gastos para bajar un poco los gastos de explotación."

La manera mas fácil de observar esta regla en combinación con estudios de ramales, es buscar la línea mas directa para conectar con el troncal, siguiendo la ruta de menos puentes, adjustando la rasante lo mas cerca al terreno natural que sea posible é introduciendo la curvatura necesaria para disminuir el costo. Cortes de poco profundidad deben ser eliminados, para obviar la necesidad de limpiar las zanjas laterales todos los años, y de preferencia proyectando toda la línea en terraplen de tal altura que las excavaciones para zanjas laterales darán material suficiente para hacerlas. Por supuesto serán pocas las rutas que permita la economía hasta este punto, pero es la ideal. Las posibilidades de cambio de trazo para obtener la línea mas barata son muy importantes y interesantes, y serán considerados en su propio lugar, pero por lo pronto anotaremos que es la línea de menor costo total que debe ser elegida. Las rampas, o pendientes, pueden ser determinados tentativamente antes de hacer ningún estudio en el terreno, si está hecho el calculo de tráfico. Probablemente la Empresa tendrá tres tipos de locomotoras, cuando mucho, si el tráfico de la línea troncal es regular. Un tipo será para trenes de pasageros, otro para trenes de carga, y otro para el servicio de patio. Altas velocidades en los ramales no serán necesarias, y muchas veces no serán factibles. Entonces una locomotora del tipo de carga puede hacer el servicio perfectamente bien, y no habrá necesidad de tener una locomotora especial. Dado el tipo, el cálculo de la rampa sobre la cual puede mover el tráfico es relativamente fácil, así como el radio de curva por la cual pasará con las velocidades del caso, sin peligro ni altas resistencias. La rampa así determinada representa la máxima, y no la económica, pero demostrará el último limite de economía en construcción del terraplén. En la línea troncal es muy diferente la determinación de rampas y curvas, las cuales deben ser elégidas para la mayor economía en explotación.

Mientras que uno hace el estudio de tráfico debe llevar un plano o mapa del territorio, el mapa siendo el mejor disponible. En este mapa se anota los centros de tráfico fuera de las ciudades, mostrando la manera de entrar y salir de cada pueblo, los caminos sobre los cuales tendrán que venir los productos del campo,

datos de producción de las propiedades grandes, y en fin toda la información disponible. En este mapa deben aparecer los cursos de agua y ser marcados los pantanos, llanuras, montañas, y tanta topografía como sea posible. Los datos del ingeniero contendrán notas de la geología, la altura relative de las lomas, y distancia entre ellas, tomado, siquiera, por revoluciones de rueda de vehículo, o pasos contados de caballo, y rectificado por la escala del mapa. La idea es obtener las distancias y alturas lo mas aproximadas que sea posible, con pocos gastos. Entonces se prepara una tabla diciendo, digamos, A——B, 10 kilómetros, 8.000 m^3 por kilómetro, 25 por ciento roca, ml puentes 132, etc., haciendo un presupuesto, por kilómetro de terraplén, puentes, y terreno cada día por la ruta visitada. Será un presupuesto aproximado, pero uno que ha construido ferrocarriles bajo varias condiciones, muy pronto aprende a determinar si cierto tramo tendrá diez, quince, o veinte mil metros cúbicos por kilómetro, y haciendo el presupuesto en tramos de diez kilómetros se elimina confusion de muchos detalles, y el promedio debe estar dentro del 25 por ciento cuando mucho. 25 por ciento de terraplén no puede representar mas que diez por ciento en el total si el territorio no es muy quebrado, y es costumbre agregar quince o veinte por ciento a semejantes presupuestos después de incluir vía, equipo, estaciones y otros detalles mas importantes muchas veces, que terraplén. Una descripción mas detallada de presupuestos preliminaries, será presentado en el capítulo dedicado al "reconocimiento de rutas."

Suponiendo, por el presente, que sabemos aproximadamente lo que costará la línea y lo que producirá, será interesante hacer un estudio ligero de las operaciones necesarias para fiscalizar el proyecto. Hay pocas personas, relativamente, que dominan bastante capital para llevar a cabo una obra de la importancia de un ferrocarril. Un solo Banco no está dispuesto hacerlo, generalmente, porque los Bancos obtienen sus fondos por depósitos hechos por un gran número de individuos. Los depositarios pueden pedir sus ahorros cuando quieren, y el Banco tiene que guardar algunas veces hasta 25 por ciento de los depósitos, sin realizar intereses sobre ellos. Los comerciantes que depositan sus fondos con el Banco acuden al mismo Banco para empréstitos, cuando es necesario liquidar los pagarés o documentos comerciales, y cierta parte de los fondos son dedicados al cliente en esta forma. De la suma restante pueden hacer

inversiones en acciones, bonos, cédulas, etc., pero la gran parte de sus inversiones deben ser en "valores líquidos" que pueden ser vendidos cualquier día sin pérdida. Esta clase de inversiones es formado de valores garantizados, y los venden cuando los depositarios piden tanto dinero que no queda la reserva requierda en efectivo. Resulta que queda un porcentage relativamente pequeño que pueden invertir en proyectos que llevan mucho riesgo. No obstante, cada Banco puede tomar algunos bonos de un buen proyecto, y a veces es necesario que lo haga, porque su clientele desea invertir su dinero de vez en cuando y a la vez, proporcionando oportunidad a sus depositarios para hacer inversiones relativemente permanentes. Pero un Banco solo que invierte una gran parte de sus depósitos en un solo proyecto, y encuentra que sus depositarios reclaman sus fondos immediatamente después, cuando no está concluido el proyecto, no hay entradas, y no hay mercado para los bonos, puede tener muchas dificultades. Un Banco de poco capital puede tomar pocos bonos, los cuales compran de los Bancos grandes, y los Bancos grandes cobran una comisión a ellos. Para fiscalizar proyectos que requieren mucho dinero los Bancos principales forman un grupo representado por un hombre, o grupo de hombres, y este grupo se denomina "los aseguradores." Este grupo tiene que verificar las bases del proyecto, aseguranse que los datos de costo, ganancia, etc., son correctos; tienen que formar la Empresa, pagar las contribuciones correspondientes al Gobierno, pagar el costo de imprenta, anuncios, etc., y muchas veces nombrar oficiales de práctica y confianza para hacer la obra. Si fuera nada mas que éstos, sus deberes, ellos también no harían mas que cobrar una comisión ordinaria a los Bancos, pero en algunos casos los Bancos no se comprometen a tomar toda la emisión, y los aseguradores tienen el riesgo de no poder venderlos, quedando con el compromiso de abastecer el capital requerido. Es claro que en ciertos casos este riesgo es mas que en otros, y siendo mayor el riesgo, mas grande serán las comisiones que cobran. A veces no cobran la comisión en forma de efectivo pero reciben cierto numero de acciones de la Empresa, además de gastos y comisiones.

Las comisiones que cobran los aseguradores pueden variar de 2.5 por ciento, si no hacen mas que vender los bonos, hasta 10 por ciento, si tienen que garantizar la venta, y siempre es necesario el reembolso de gastos. Supongamos el caso de un ferro-

carril de trescientos kilómetros de largo que costará $20,000 por kilómetro, incluyendo todos los gastos de construcción y preparación para la explotación, pero nada de los gastos de fiscalización y que los estudios preliminares han costado $100,000. Como este gasto de $100,000 ha sido hecho bajo un riesgo extraordinario, sin seguridad ninguna, merecen ganar mucho los promotores. Su ganancia, no obstante, no será en efectivo si no pretenden vender la concesión, que es de suponerse que han obtenido. Presentan el proyecto al representante del grupo de Banqueros con un informe sobre el asunto rendido por un ingeniero conocido por el Banquero, y suponiendo que es aceptable, se forma la Empresa, emplea las personas para dirijir estudios definitivos y la obra, y adelanta los fondos para empezarla. Si las indicaciones son que la empresa pagará 10 por ciento, después de unos años de explotacion pueden ofrecer bonos de 6 por ciento con un descuento que podemos tomar como ejemplo en 10 por ciento, con una bonificación de 40 por ciento de las acciones al Banquero, por su ganancia en pago de su riesgo en asegurar la venta de bonos de una empresa nueva. Suponiendo que pueden hacer la obra en tres años, y que cuesta la misma suma cada sección, se pueden determinar los intereses necesarios para el tiempo de construcción de la manera siguiente:

Casi siempre es necesario tener listos el primer día del año fiscal, los fondos destinados a las obras del año considerado, y aunque el gasto está distribuido sobre todo el año hay necesidad de pagar interés para el año entero sobre todos los fondos.

El costo de la obra, en efectivo, ha sido presupuestado en $20,000 por km. 300×$20,000 = $6,000,000.

Los fondos para cada año, en efectivo, igualan $2,000,000, pero el valor de los bonos está tomado como 90 por ciento, y los intereses son pagados sobre el valor inscrito. La cuenta de capital entonces, será como sigue:

Para el primer año	$2,222,222.22	
Mas 6 por ciento pagadero al fin del año	133,333.33	
Para el segundo año	2,222,222.22	
	$4,577,777.77	
Mas 6 por ciento	274,666.67	
		$4,852,444.34

Para el tercer año..............	$2,222,222.22
	7,074,666.56
Mas 6 por ciento pagadero al fin del tercer año..................	424,480.00
Deuda al fin del tercer año, siendo terminada la obra............	$7,499,146.56

Porsupuesto, es posible disminuir esta suma un poco si cada seccion empieza dejar utilidades tan pronto que entra al servicio del publico, pero es raro que las entradas son usados para disminuir el capital. Es, mas bien, entregado a los accionistas en forma de dividendos o usado para crear un fondo de reservas.

Resulta que la obra ha costado, no el presupuesto, sino el presupuesto mas 25 por ciento. Cada ingeniero que está al tanto de las relaciones entre su cliente y el Banco con el cual se trata, puede cambiar los detalles para satisfacer las condiciones actuales, pero faltando datos semejantes, es costumbre de algunos ingenieros agregar 25 por ciento al presupuesto para cubrir "interes y descuento."

Ha sido calculado que la empresa ganará 10 por ciento liquido sobre $6,000,000 después de desarrollar sus relaciones, y estar preparado para recibir encomiendas. $600,000 quedará para pagar interés sobre $7,500,000, mas o menos, de bonos de a 6 por ciento, la cual deja un sobre saldo de $150,000 para los accionistas, de la cual el Banco recibe, en este caso, $60,000 y los promotores $90,000 como interés sobre su inversión de $100,000, con muchos riesgos, en emplantar la idea. Si, verdaderamente, la empresa rinde esta cantidad, han ganado mucho, pero si las ganancias liquidas pasan debajo de $450,000 en cualquier año los dueños de los bonos tendrán el derecho de tomar la propiedad así como cualquier dueño de hipoteca, porque los bonos no son nada mas que una hipoteca especial. Por esto los accionistas nunca deben contar con la reclamación de las ganancias enteras, sino deben pagar nada mas que un interés relativamente bajo, dedicando lo demás a un fondo de reserva para protegerse en los años malos, y ultimamente amortizar los bonos, cuando tendrán control de la propiedad, con 60 por ciento (en este caso), de $600,000, por año, sobre la inversión de $100,000. Pero si los promotores se han engañado a sí mis-

mos en el presupuesto de costo y tráfico, y costo de explotación, es sumamente fácil que pierdan todo lo que han invertido, además de haber hecho al Banquero y compradores de bonos perder algunos millones, después de haber fiado en la inteligencia y conservantismo del promotor.

Por supuesto, hemos considerado aquí la empresa que tiene que ser sostenida por sí sola, y no una línea cuyo valor es mas bién militar o para colonizar un territorio nuevo o pobre.

El contenido de este capítulo ha sido introducido, no con la idea de explicar todas las operaciones de la formación de una empresa, sino para dar una idea general del problema entero para que la solución de cada detalle puede ser hecha de tal modo que llene los fines deseados.

CAPITULO II

LA VALORIZACION DE LA PROPIEDAD POR LA CONSTRUCCION DE FERROCARRILES

No olvidemos que la ingeniería es más que un estudio de materiales y medida de terrenos, que esos estudios no son el fin deseado, sino una ayuda fundamental que nos facilita la solución de los problemas importantes. Tratandose solamente de los trabajos profesionales, se puede decir que la ingeniería es la ciencia o arte de invertir el dinero, de tal modo que los intereses rendidos sean los mayores que sea posible, dadas ciertas condiciones, es claro que la inversión de fondos en un proyecto que no rinda nada, seria el colmo de los errores.

El rendimiento de los intereses puede ser directo e indirecto, y aqui me he propuesto tratar especialmente del rendimiento indirecto, en cierto sentido, aunque a veces pueda ser directo también.

Los ferrocarriles son beneficiosos a un Gobierno en el sentido que ofrecen medios rápidos de trasporte para las tropas, asegurando la paz interior y facilitando el comercio o intercomunicación entre los habitantes, promoviendo la prosperidad individual y nacional.

Las Naciones, como los particulares, están obligados a limitar sus gastos a sus entradas, y no es siempre conveniente ni ventajoso para un Gobierno construir las obras públicas con fondos publicos. Si una Nación está continuamente buscando fondos, es muy fácil que su crédito se deprima. Y esto prescindiendo de las difficultades que presenta la intervención de intereses políticos en asuntos de esta naturaleza.

Reconociendo, sin embargo, la necesidad pública de construir ferrocarriles, es indispensable que hagamos en ellos una inversión aceptable, porque los ferrocarriles, en general, son construídos para ganar dinero. En ésto no difieren mucho de cualquiera otra Empresa. Es cierto que algunas lineas han sido construídas para llenar ciertos requisitos de estrategia militar, pero, aún asi, es necesario observar las mismas economías y

reglas, porque la única diferencia verdadera, es que, en este caso, el Gobierno paga las cuentas, en vez de una empresa particular. La manera de fiscalizar la obra puede variar, y es posible que las consideraciones del tráfico sean de menor importancia. Si una empresa particular opta por construir un ferrocarril, es despues de haber hecho estudios de varias clases, para saber si es posible construírlo y explotarlo de tal modo que las entradas paguen los intereses de lo que cuesta, más los gastos de explotación y dejen un sobresaldo. No es suficiente que gane la empresa solamente un interés igual a lo que puede ganar depositando el capital en un Banco o invirtiéndolo en Bonos de un Gobierno, porque no tiene la seguridad en contra de las péridas, como tiene en las otras inversiones. La idea de la necesidad de un ferrocarril en cierta zona vale algo, especialmente si viene de una persona bien enterada de los requisitos de un pais o del pueblo. Generalmente el que origina la idea tiene que trabajar constantemente por mucho tiempo, y a veces por años, para interesar el capital requerido en el proyecto, porque la cantidad necesaria para construir un ferrocarril no es fácil de encontrar. Hay que presentar pruebas racionales antes que la encuentre, porque el valor de la obra construída es poco, si se tiene que vender para otro uso, después de haberla hecho.

Los rieles valdrán algo como hierro usado, los durmientes servirán como leña, pero los puentes, los terraplenes, la mampostería, y mucha parte del equipo, vale lo que vale, porque está unido y preparado para hacer cierto servicio al público. Además de ésto, la empresa difiere de otras, en no poder guardar sus mercaderías hasta que haya mercado porque los trenes correrán sin pasageros si el público no compra boletos. Es cierto que no fabricará tantas mercaderías si no hay mercado, pero una vez fabricadas, tienen que ser vendidas inmediatamente o ser perdidas para siempre.

Sabiendo, pues, que un ferrocarril nuevo es algo inseguro, suponiendo, para el caso, que los fondos no son garantizados por el público o por el Gobierno, y tomando en cuenta el valor del dinero en el mercado, se puede hacer un cálculo rudo de lo que debe rendir una propiedad bajo condiciones ordinarias.

Actualmente el dinero vale, normalmente, más o menos, cinco por ciento cuando no hay riesgo, y sólo por depositarlo en algunos Bancos de Ahorro, rendirá cuatro y medio por ciento. La base entonces, se puede tomar como el cinco por ciento.

Empresas que ya han existido muchos años y que han probado su valor sin duda alguna, ofrecen a los capitalistas el seis por ciento, para extender sus operaciones en territorios bien conocidos y ofrecen la garantía de grandes ganancias actuales en la parte de su propiedad existente. Si la propiedad es grande, pero no está bien desarrollado su negocio, ofrece hasta siete por ciento. Una Empresa pequeña con un sobresaldo de importancia, debe ofrecer hasta el ocho por ciento, y, si gana solamente lo necesario para pagar sus cargos inevitables, debe ofrecer nueve por ciento. Una propiedad nueva, que ofrece posibilidades de pagar desde el ocho hasta el diez por ciento, el primero o segundo año de su explotación, debe ofrecer el diez por ciento, si lleva alguna duda de su futura prosperidad, y se ofrece el doce por ciento, para los ferrocarriles que tienen que desarrollar territorios enteramente nuevos, y esperar dos o tres años antes de empezar a pagar algo sobre los fondos de inversión. Son raros los casos en que las seguridades mencionan intereses tan elevados. Si tienen que ofrecer el doce por ciento, es muy probable que las seguridades prometerán pagar el seis por ciento, para ser vendidas con un descuento de 50 por ciento, o, en otro caso, ser vendidas, digamos, con descuento de 25 por ciento con una bonificación de acciones de preferencia, que prometan pagar hasta el 4 por ciento.

Para interesar el capital, entonces, debe estar presente la posibilidad de la rendición a los accionistas de intereses algo elevados. Los intereses antes mencionados han sido propuestos como justos por uno de los ingenieros más bien enterados (1) de las condiciones financieras del Nuevo Mundo y solamente por eso deben ser considerados, pero además de la reputación del susodicho caballero, aparecen justos a cualquiera que esté al tanto de las dificultades de conseguir fondos para una Empresa. No digo que debe ofrecer la plena seguridad de rendir el doce por ciento ninguna propiedad, porque la plena seguridad existe cuando hay garantías absolutas, y, teniendo tales garantías, el cinco por ciento ha sido mencionado como lo justo, pero el que tiene esperanzas de obtener fondos sin muchas dificultades, tendrá que tomar en cuenta que cualquiera cosa que intimida al capital debe ser eliminada, si es posible hacerlo, para no tener que ofrecer intereses sumamente altos.

No solamente el dueño actual del dinero insistirá en que sea protegido, sino que es un deber del Estado y de la sociedad el

(1) C. G. Young (Nueva York).

que no sean malgastados los ahorros de las generaciones antepasadas, en inversiones que no dan resultados. Cada medida de valor, sea el peso o la libra esterlina, sea un saco de harina o una botella de aceite, representa, en una parte pequeña, el trabajo de esta generación, pero, en una parte relativamente grande, representa nuestra herencia de lo que ha producido la raza humana durante los muchos siglos de vida. No es justo que sean malgastados esos ahorros y para que no pase tal desgracia, tenemos que hacer un cálculo de la probabilidad de cada riesgo e insistir en que sean repartidos de tal modo que, ocurriera lo que ocurriese, no bajará nuestra suma de ahorros. Si ha sido probado por la práctica que entre cien buques que salen al mar, hay cuatro que desaparecen cada año, quedará el promedio de noventa y seis buques para sostener el tráfico y pagar, no solamente los intereses de "garantia", o lo que debe ser esperado, si no hay posibilidad de pérdida, sino también un sobresaldo del valor de cuatro buques nuevos, resultando un interés de más de nueve por ciento sobre toda la inversión. Sin entrar al fondo de discusiones financieras, lo cual no es el objeto de esta pequeña obra, se puede decir que la capitalización de los riesgos es, no solamente una justicia, sino el deber de los que manejan los ahorros de la raza humana, y si no lo hacen serán castigados personalmente por la pérdida de su derecho de manejarlos, llevando con ellos todos los inocentes que contribuyen con su pequeña parte en el asunto. He considerado al capitalista, como si fuera nada más que el representate de la raza en sus inversiones, y si me he equivocado en tratarle así, es porque él mismo, a veces, no ha sido fiel a su deber, no porque el deber no exista. Se ve, pues, que la idea de altos intereses para los negocios que llevan riesgos, tienen su cimiento en las necesidades del pueblo y no enteramente en la avaricia del hombre.

Sabido es que hay riesgo en lo desconocido, de manera que es necesario eliminar el riesgo en lo posible, para que puedan ser obtenidos los fondos para un ferrocarril. El primer deber de los autores en la concepción de un proyecto es determinar, con mucha precaución, lo que costará la linea preparada para la explotación, lo que producirá el territorio, o en otras palabras, la cantidad de tráfico que tendrá, lo que costará para mover el tráfico y conservar la propiedad en buen estado, y lo que quedará como ganancia líquída. Al determinar con exactitud cualquier elemento se elimina cierta incertidumbre y así bajarán los inter-

eses o aumentará el valor de la idea, porque hasta ahora estamos considerando el ferrocarril como una idea solamente y no como una propiedad existente.

La determinación del tráfico puede ser hecha solamente por uno que conozca los elementos del comercio, y lástima es que los ingenieros, por lo general, no dan la atención debida a las necesidades del comercio, dedicando su tiempo más a calculos de materiales y olvidando por completo que es el deseo general de construír medios de communicación lo que les hace posible ganarse la vida. Pero la determinación del tráfico no depende de reglas nebulosas, no es un arte difícil de aprender, sino que es como muchas cosas de la vida cuotidiana, tan sencillo, que pocos fían en él, creyendo que, siendo tan importante, no puede ser reducido a términos comprensibles a la multitud. Tampoco digo que no requiere estudios para determinarlo, ni que no hay muchos elementos que influyen en él; pero que es determinable, dentro de ciertos limites, no cabe duda. Los límites de determinación representan, en relación inversa, uno de los riesgos; siendo mejor determinado el tráfico, menor sera el riesgo y el mejor método que se use para invitar al capital, será el que reduzca al mínimum el riesgo para todos los interesados. Es costumbre en algunas partes, donar terrenos a lo largo de la línea a la Empresa, para que sus péridas de explotación puedan ser compensadas con el aumento de valor de los terrenos. En tiempos pasados se ha seguido esta costumbre en los Estados Unidos de Norte América y últimamente lo han hecho en el Brasil y en la Argentina, pero no ha sido siempre ventajoso ni al Gobierno ni a la Empresa. Las Empresas desean retardar la venta de los terrenos el mayor tiempo que sea posible, para que sea el máximo el precio de venta, retardando así el desarrollo del territorio. Para obviar esto, la concesión lleva a veces una cláusula que establece el remate público de los terrenos, al postor más alto, y en lotes de tal tamaño, que se asegure la compra y la distribución entre el mayor número de colonos individuales. Aún con este método de distribución, no se elimina el riesgo, porque la fecha fijada para el remate puede caer en una era de restringido crédito, cuando los únicos compradores que se presenten sean los que pueden sacar ventaja de estas condiciones anormales y obtener los terrenos a precios mucho menores de lo que valen, con la idea de especular. La calidad de los terrenos nuevos admite discusion, y si están en manos de especuladores,

además de ser desconocidos, será difícil atraer colonos de buena fé. El deseo mútuo de la Empresa y el Gobierno, es que el territorio sea poblado y cultivado en el menor tiempo posible, pero mucho más importante al Gobierno que a la Empresa es la clase de colonos que entran en el territorio. Basta a la última que sean aptos para el trabajo que tienen que hacer, más el Gobierno desea que esas personas sean más tarde buenos ciudadanos, con fácil adaptabilidad a la nueva atmósfera. Por eso, en algunos casos, es más aceptable para todos que la garantía de la inversión tome otra forma, dejando al Gobierno la introducción de colonos.

Supongamos, por un momento, que el Gobierno decide construír y explotar los ferrocarriles, y que los primeros años de explotación sean poco remunerativos, rindiendo una suma insuficiente para pagar los cargos inevitables. Bajo esta condición el déficit se cubre por la Tesorería Nacional, pagando el interés de costumbre sobre las seguridades del Gobierno. Los empleados no tienen interés pecuniario en el proyecto, si ocupan puestos políticos gubernativos, porque siempre existirá bastante dinero para pagarles. Si está en manos de particulares, existirá un interés pecuniario entre todos los empleados. Si el Gobierno paga 5 por ceinto sobre sus empréstitos, o sea 5.56 por ciento, si vende las seguridades en 90 por ciento, y si es probable que el ferrocarril propuesto, por algunos años, devuelva solamente los gastos de explotación y nada de los gastos fijos, entonces parace ventajoso al Gobierno garantizar hasta 5 por ciento, neto, sobre la inversión, y dejar la construcción a particulares. Teneindo la garantía del Gobierno, además del valor de la propiedad, sería muy atractiva para capitalistas la inversión, porque no existirá la probabilidad de pérdida, sino la posibilidad de incremento de ganancias en el porvenir, mientras se desarrolla el territorio.

Como el Gobierno, bajo las condiciones deslindadas, ofrece una inversión atractiva y asume un riesgo, es razonable que las ganancias mayores que una suma fijada, digamos 10 por ciento, sean devueltas íntegramente al Gobierno. Es concebible, aún, que participe en un grado limitado de las ganancias menores de 10 por ciento, pero no debemos olvidar, que el capitalista pudo haber recibido 5.56 por ciento por el uso de su dinero, si la Nacion hubiese optado por pedirle un empréstito y construír y explotar el ferrocarril. Tomando esto en consideración, no es injusto que el Gobierno ofrezca pagar el 5 por ciento, aún si

la empresa gana 1 por ciento por si sola, pero si gana 2, entonces el Gobierno paga 4, etc., hasta que el Gobierno no paga nada si la empresa gana 6 por si sola. Es equivalente esto a una garantía de 6 por ciento, si el territorio es productivo aún en un sentido limitado, pero ningún ferrocarril puede ser remunerativo durante los primeros años de su vida, sino bajo condiciones muy extraordinarias. Puede cesar la obligación del Gobierno durante el tiempo considerado, si rinde 6 por ciento el ferrocarril, y el sucesivo 1 por ciento de ganancia ser invertido en un fondo de amortización, comprando bonos de 5 por ciento del Gobierno, y eliminando por completo la inversión en un período de treinta y siete años si continúan tales ganancias (Véase cualquiera tabla de amortización).

Como el Gobierno ha tomado un riesgo en el proyecto, otorgando a la empresa la oportunidad de ganar 6 por ciento durante toda su vida, y hasta 9 por ciento para una parte de la misma, esto es 10 por ciento menos uno destinado al fondo de amortización, es razonable que participe en los beneficios, hasta ser el dueño absoluto de la propiedad después de la amortización de la inversión. Sabiendo que las ganancias aumentarán hasta tal grado que la amortización puede empezar en una fecha fija, la vida de la concesión puede ser determinada. La capacidad de determinar el resultado del porvenir no es, sin embargo un don común, y no es de desear que ninguno de los interesados tome un riesgo sin necesidad de hacerlo. Una cláusula de la concesión puede decir que cesa la vida después de haber pagado los cargos de amortización en treinta y siete años, o después de haber amortizado la inversión, y que el Gobierno puede comprar la propiedad en cualquier tiempo, pagando el costo o valor, como sea convenido, más la bonificación de costumbre, digamos 20 por ciento, por la expropiación, y asumiendo las obligaciones pendientes.

Los treinta y siete años representan la vida más corta que puede ser considerada, y si es que nunca rinde más que la garantía del Gobierno, entónces nunca morirá la obligación del Gobierno, y nunca ganará más el concesionario de lo que hubiere ganado, comprando las seguridades de la Nación, y dejando a ella la obra.

Por las razones antes mencionadas, hay pocos Gobiernos que desean explotar las obras públicas, deseando, generalmente, arrendarlas a particulares; en este caso la Empresa, si ofrece

explotarla, cuando el Gobierno lo ha pedido, en las mismas condiciones que ofrece otra.

Las cifras usadas son tomadas como ejemplos, y no hay regla inviolable que fije ninguna de ellas. El valor actual del dinero y la opinión del autor, ha influído en elegirlas, pero las condiciones bancarias, la necesidad pública, el crédito de la Nación y muchas otras condiciones, que cambian de un día a otro, son los determinantes en cada caso.

En este párrafo hemos cubierto superficialmente los problemas del concesionario bajo el sistema de garantías efectivas, pero el Gobierno ha quedado con un riesgo y es menester que sea transmitido este riesgo a los beneficiados. Si el proyecto es sencillamente de necesidad militar, los beneficiados son todo el pueblo en cierto grado, y todos los que viven en el territorio afectado, o que tengan relaciones comerciales con la región, en un grado mayor. Es lo mismo si el proyecto es comercial, pero en el primer caso, la suma del beneficio pequeño a cada ciudadano es el mayor, y en el segundo caso el total de los beneficios a los habitantes directamente afectados, es lo más importante. Aún, considerado solamente el aspecto comercial, no se puede negar que tiene siempre un valor militar para la Nación. También traerá a todos algún beneficio por la inversión en el país de fondos nuevos, la facilidad de intercomunicación, la amplificación del mercado y el incremento de valores en el territorio servido, por las mayores contribuciones públicas, lo cual debe disminuirlas en el resto del país. La última cláusula es digna de consideración cuidadosa. Si los valores sobre los cuales pagan contribuciones no son aumentados por el ferrocarril, lo demás del país pierde en ese sentido y en ese grado, porque la Nación ha asumido una obligación o deber, lo cual no debe hacer sin un aumento correspondiente en su haber, o trasmite el deber a los que le corresponde. El problema del Gobierno, entónces, es distribuír las contribuciones para cubrir la garantía a la empresa, de suerte que los que son servidos paguen el costo del servicio.

Ha sido notado que hasta cierto punto los beneficiarios son todo el pueblo, quienes pagan todos los gastos de la Nación. Como una concesión especial a uno trae un sobrecargo a los demás, no es necesario que todo el pueblo contribuya a la empresa, basta que la empresa no pague contribución de ninguna especie. En cambio, garantizando el Gobierno que no será construído otro ferrocarril en la zona del proyectado, es común

la concesión de que los empleados del Gobierno que viajan en asuntos públicos y las encomiendas fiscales de toda naturaleza, sean transportadas por 70 por ciento de la tarifa. Falta considerar, todavía, los beneficiarios que ganan directamente por la venida del ferrocarril, y que viven en, o tienen relaciones comerciales con el territorio afectado. Entre todos los habitantes, urbanos y rurales, pagarán contribuciones adicionales equivalentes al 5 por ciento sobre el costo del ferrocarril, en el caso considerado. Es menester determinar, del estudio del territorio, el efecto en el mercado de los productos de agricultura, minas, bosques y fábricas y los articulos de consumo, fijando los artículos o propiedades sobre los cuales serán pagadas las contribuciones nuevas. Las propiedades deben rendir mayor renta, las fábricas recibirán sus materiales con menos costo, y el agricultor percibirá mayor ganancia en sus productos. Son muchas las condiciones que uno puede suponer, y es fácil concebir que la condición que vamos a suponer nunca se encuentre en la práctica. Tomaremos un ejemplo de terrenos, aptos solamente para el cultivo de trigo, y deduciremos los beneficios que resultan del ferrocarril, y con los beneficios anuales, capitalizados, determinaremos el aumento en los valores de las propiedades rurales. Establecido el aumento de valor y las contribuciones vigentes en el país, es fácil la determinación de aumentos de contribución, así como la de las personas que las pagan. Aunque no son fijadas exactamente así, las contribuciones y la de cada individuo son determinables si el aumento de contribución, según las leyes vigentes, pagará el costo del ferrocarril; y si no pagan las garantías, pues no es un proyecto comercial. Para la solución del ejemplo tomado es menester asumir algunos detalles, los cuales pueden sufrir rectificaciones en cada caso o territorio, no olvidando que aquí no se trata de una condición actual, sino de la manera de proceder para resolver las varias divisiones del problema.

Digamos que un obrero puede sostener su familia con el producto de la hortaliza y $300, por año, o que sus servicios valen por dia un peso. Puede atender a 32 hectáreas de campo cultivado; necesita para hacerlo, animales y herramientas, y sobre la inversión que representan tiene que pagar interés. Como el cultivo del terreno es su único modo de ganar la vida, la pérdida de una cosecha es equivalente a la pérdida de su posición comercial, y como hay perdidas de cosecha de vez en cuando

en todo el mundo, es menester qué gane bastante para poder vivir de la manera acostumbrada en el año malo. Digamos que se pierde una cosecha un año en siete, y que los gastos del campesino son como sigue:

Un caballo cuesta $125. Depreciación, 10 por ciento; seguro accidental, 1 por ciento; interés, 7 por ciento, por año, total 18 por ciento	$ 22.50	
Pastoreo, un año	6.00	
Grano, 3125 kilógramos a 2 centavos	62.50	
Heno, 4000 kilógramos a 1 centavo	40.00	
Sal, 6 kilógramos a 12.5 centavos	.75	
Renta de establo, por año	12.00	
Atención de médico, y herraduras	6.25	
300 días de trabajo (a $0.50) de un caballo	$150.00	
Necesitan dos caballos de trabajo pesado, a $150 por año		$300.00
Un caballo extra para remuda y montar, costo, $125.00 = por año	$ 22.50	
Pastoreo, un año	6.00	
Médico, sal, etc.	1.50	
Total, por año		$ 30.00
Arnes, doble	$ 40.00	
Un arado	25.00	
Una rastra	30.00	
Una segadora	85.00	
Un carro de cuatro ruedas	85.00	
Herramientas pequeñas	35.00	
Interés, 7 por ciento, depreciación y reparación, 13 por ciento. Total 20 por ciento cada año =		$ 60.00
Costo de equipo, 300 días por $1.30 = (por año)	$390.00	

Ganancia del obrero, por día 1.00

Cargo total por día.........$2.30

GASTOS DE PRODUCCIÓN DE UNA COSECHA

Obras.	Días.	Costo por hectárea.	Por 32 hectáreas
Arar	40	$2.87	$92.00
Sembrar	9	0.65	20.70
Rastrar	10	0.72	23.00
Segar (entrecambio de obra)	40	2.88	92.00
Trilladora (en efectivo)	..	2.00	64.00
Diez hombres (con carro. Entrecambio de obra)	10	0.72	23.00
Diez hombres (sin carro = 5 hombres con carro)	5	0.36	11.50
Paja al pajar	10	0.72	23.00
Conservación (de cercas y caminos y traer combustible)	10	0.72	23.00
Tiempo perdido (descanso de animales y trabajo en hortalisa)	16	1.15	36.80
Costo de semilla	..	1.12	36.00
	150 ds. 32 ha	$13.91 =	$445.00

El promedio de producción de trigo en Norte América es 1000 kilógramos por hectárea

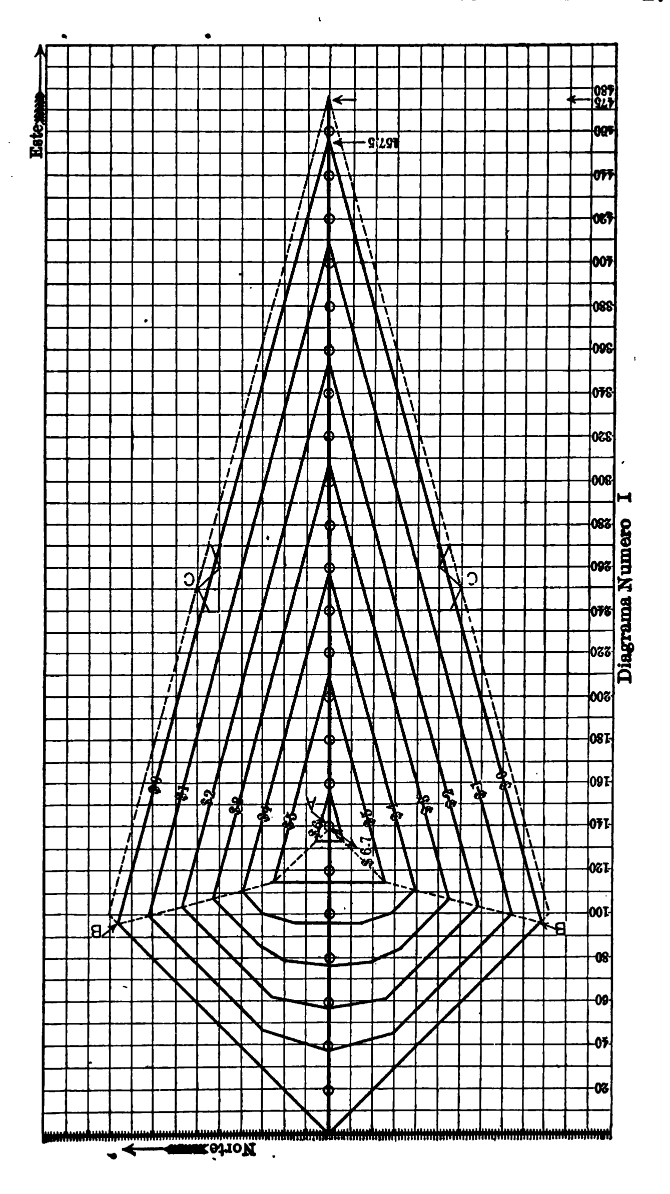
32,000 kg a $13.91 = $445.00

Después de la cosecha, es necesario transportarla al mercado, primero del campo al ferrocarril y después de la estación más próxima al mercado principal, donde va a ser distribuída entre los consumidores. Considerando el origen del ferrocarril propuesto, como el mercado principal, y determinando el valor del trigo en este punto, se puede determinar muy aproximadamente el aumento de valor de cada sección de terrenos. Digamos que exista una estación cada veinte kilómetros, que la tarifa en la linea proyectada será $1.00 por cada mil kilógramos, para situar y cargar los carros, más dos centavos por kilómetro para la movilización, que el campesino pueda mover 1500 kilógramos, y volver, en un día, costándole $1.50 los mil kilógramos en veinte kilómetros, o sea, por kilómetro, $0.075. Si dedica todo el resto del año al movimiento de la cosecha, puede estar situado a una distancia de 140 kilómetros del ferrocarril, porque la cosecha representa veintiuna cargas, y hay 150 dias del año disponible, o siete dias por carga. En siete dias los animales hacen viaje

redondo de 140 kilómetros. Esta distancia del mercado representa los últimos límites de la zona contribuyente, considerando el trigo solamente, y basando las distancias en lo que puede hacer el hombre y los animales de tracción, sin considerar el valor del producto o las tarifas del ferrocarril. Fuera de estos límites las tierras sirven para pastoreo de ganado, o para satisfacer las necesidades inmediatas de la familia, y tendrán algún valor. Es dificil fijar un valor mínimo que sirva para todos los casos, pero en un caso dado puede ser aproximado. Se calcula que habrá una pérdida de cosecha una vez en siete años. Como tiene que conservarse la condición comercial del agricultor, éste tiene que ganar bastante en los años buenos, para cubrir sus pérdidas en los malos. Si $0.13065 es depositado al fin de cada año, los depósitos ganando 7 por ciento, y al fin del séptimo año no es depositado nada, la acumulación en los siete años es $1.00. El promedio de valor del trigo en los mercados principales de los países productores durante los últimos años y en tiempos normales, ha sido alrededor de $33.56 (fr. 174), por mil kilógramos. Por cada peso de valor con que puede contar el agricultor, tiene que recibir $1.13065, para amortizar su pérdida. Resulta el valor verdadero no es $33.56, sino $29.68. Si el terreno cultivado está a distancia de 140 kilómetros del mercado, y el flete por tracción de sangre cuesta $0.075 por kilometro, será gastado en transporte 140 $0.075 = $10.50, lo cual puede ser tomado como el máximo de este gasto.

Valor nominal del trigo	$ 33.56	
Costo de producción		$ 13.91
Trasporte		10.50
Amortización de pérdida		3.88
Disponible para renta		5.27
	$ 33.56	$ 33.56

Como la renta de $5.27 no varía mucho del valor del terreno para la crianza de ganado, puede este valor ser adoptado para la zona más distante de 140 kilómetros del ferrocarril, pero en un problema dado, se optaría por los valores actuales. Las tarifas sobre productos agrícolas varian de $0.075, hasta $0.02 por kilómetro, más una suma fija para situar y cargar los carros. El costo de trasporte por sangre varía de $0.075 hasta $0.125


Este
Norte
Diagrama Numero I
457.5
475
480
460
440
420
400
380
360
340
320
300
280
260
240
220
200
180
160
140
120
100
80
60
40
20
A
B
B
C
C
36.7

por kilómetro, generalmente siendo máximos ambos valores en territorios nuevos, debido al mal estado de los caminos y al poco tráfico de los ferrocarriles. Pero suponiendo que sean bastante buenos los caminos, se ha adoptado $0.075 para animales, y $1 más $0.02 por kilómetro, para el tren.

Con estos datos ha sido construído el diagrama adjunto. La línea norte sur representa un ferrocarril existente. La línea proyectada arranca del mercado, sigue la dirección este, hasta que la suma disponible para fletes, $10.50, sea la tarifa, es decir, una distancia de 475 kilómetros ($1 más 475×$0.02=$10.50). Los límites de la zona empiezan en el último punto del proyecto (km. 475), y hacia el origen, o sea el mercado, se separan de la línea con un ángulo, cuya tangente es igual al

$$\frac{\text{costo por kilómetro por ferrocarril}}{\text{costo por kilómetro por sangre}}=\frac{2}{7.5}\text{ en este caso.}$$

En las cercanías del mercado, el territorio atraido por la línea existente se extendía hasta el kilómetro 140, ahora, con la línea nueva, será dividido el territorio de las dos empresas por una línea, bisectando el angulo entre los dos ferrocarriles.

Prolongando los límites fijados, se definen bien los límites comerciales del territorio que pertenece al proyecto, en los cuales el aumento de valor es cero. Si las tarifas de las dos empresas son iguales, los límites del ferrocarril existente tendrán una inclinación y situación semejantes a los del proyecto, y el límite interior del territorio desprendido al ferrocarril existente es la línea *AB*. La distancia entre las estaciones marcadas es 20 km. Si todos los caminos son paralelos o normales al eje del ferrocarril, los productos situados entre dos estaciones, valen menos que otros productos situados más lejos del mercado. Como los trenes paran en las estaciones solamente, los límites no son líneas rectas sino poligonales, como esta marcado en "*C*." El promedio del límite quebrado ha sido marcado "*O*" (cero aumento). Como la aproximación de 13.33 km al ferrocarril disminuye el costo de trasporte en un peso, así como la disminución de 50 km a lo largo del ferrocarril, pueden ser marcadas líneas paralelas, representando el aumento de valor de dos, tres, cuatro, etc., pesos. Y habiendo causado semejantes aumentos el ferrocarril existente en el territorio que le pertenece, afecta los aumentos factibles por el proyecto nuevo. Si se prolongan las rayas por cada uno de

los ferrocarriles, se nota que otras líneas rectas, conectando los puntos de intersección, marcan aumentos de un peso, dos pesos, etc., y se conectan con los valores correspondientes en el territorio enteramente nuevo, formando polígonos con límites aproximadamente paralelos a los del proyecto. Se nota también que, al acercarse a los ferrocarriles, los límites de cada empresa se quiebran, hasta tener una inclinación de 45 grados con el ferrocarril, proque el cargo de situar y cargar los carros es tan grande, que el agricultor que dista menos de veinte kilómetros del mercado no percibe beneficio directo por la venida del ferrocarril, y si está precisamente al lado del proyecto, tiene que estar a una distancia de 38.67 km, para ganar un peso adicional por año. A una distancia de treinta kilómetros del ferrocarril, percibe los beneficios normales. Sobre el eje del proyecto, el aumento mayor es precisamente en el punto que fijaba el último límite de cultivo sin más medio de trasporte que los animales. Si el limite de $2.00 de aumento (línea existente), cruza el de $3.00 (proyecto) el aumento por el proyecto es $1.00. Conectando las intersecciones de uno con dos, dos con tres, etc., por la línea recta antes mencionada, se fija el limite de aumento de un peso, y de la misma manera se fijan los demás. Como se quiebran las líneas cerca de los ferrocarriles, no serán rectos en todo su curso los límites finales, pero formarán una figura que se aproxima a un pirámide, con un triángulo de la base quitado, y con una base total igual al área de la zona afectada, y una altura de $6.70. La base tiene 457.5 km de largo (desde el origen hasta el promedio de cero aumento), y un ancho de 95.33 km a cada lado del centro. La parte que es quitada por cargos de situar carros, aproxima un triángulo a cada lado del centro, de base de 38.67 km anco de 30 km y altura de $6.70. Si se cultiva todo el terreno, el aumento es, entonces

$$\frac{(457.5\times95.33-38.33\times30)\times100\times\$6.70}{3}=\$9,481,617.$$

Al agricultor el dinero le vale 7 por ciento, y el aumento anual representa un aumento anual total al capital o valor, en el territorio de $135,451,671.

Por cierto que nunca es posible que sea cultivado todo el terreno en un área tan extensa. Tampoco puede ser sembrado el trigo en el mismo terreno todos los años. En un caso encontrado

en la práctica, el ingeniero haría el diagrama sobre un mapa de la región, y quitaría las partes pedregosas, arenosas, pantanosas, accidentadas, y no disponible para el cultivo. Para no cansar la tierra, es necesaria la rotación de productos. También los caminos, cercas, y construcciones ocupan espacio. Si las condiciones encontradas indican que será cultivado solo el 10 por ciento, por lo menos durante algunos años, y que cuesta la construcción del ferrocarril $28,000 por kilómetro, para cubrir la garantía será necesario imponer una contribución de 5 por ciento sobre el valor aumentado. Parece alta una contribución de 5 por ciento, aún para el valor aumentado, pero si se cultiva el 10 por ciento y se reparte de tal manera que el promedio de movimiento por tren es 200 km, las entradas brutas de la empresa corresponderán a $0.10\times(457.5\times95.33-38.33\times30)100 =424,550$ toneladas. La tarifa para 200 km ha sido tomado como $5, y las entradas brutas resultan =$2,122,750. Si son $\frac{1}{3}$ las entradas netas, entonces, la garantía de 5 por ciento está cubierta por el tráfico en trigo, sin contar con el produeto de pasajeros y ganado, y sin contribución ninguna. Por esto se ve que el Gobierno puede dar garantías si puede asegurarse que se cultivará una pequeña parte de los terrenos, y que una producción limitada elimina la necesidad de contribuciones extraordinarias.

En semejantes problemas es difícil, a veces, estimar los valores que ayudan a resolverlos, y no es posible decir que las fórmulas e ideas aquí presentadas, vencerán las dificultades que encuentra el ingeniero, pero éste es un método que ha ayudado mucho al autor para formar una opinión, y mostrar al capitalista la manera de formarla. Ofrecen muchas combinaciones, con la correspondiente necesidad de estudios, las condiciones variables de topografía, ángulo de partida del proyecto referido al ferrocarril existente, y la condición de la zona. También puede ser usado un diagrama semejante, para determinar los valores relativos de terrenos en compra-venta, y la utilidad de caminos nuevos, cuestiones que interesan al agrónomo como al ferrocarrilero.

El diagrama ha sido extendido hasta incluir los límites de valorización de los terrenos en un caso dado, y además, trata de la condición más sencilla, es decir, en plena pampa o llanura, cuando no conecta dos mercados, uno en cada extremo de la línea, ni tampoco se refiere especialmente a una línea paralela, o

en el mismo territorio con otra línea. Si, por ejemplo, hay una línea ya existente, conectando dos puntos terminales, y se propone hacer otra entre los mismos puntos, pero separándose bastante en medio de ellos, entonces sería necesario dividir el territorio entre las dos líneas, según las condiciones topográficas y tomar esta línea divisoria como el límite de aumento cero del diagrama, siempre tomando en cuenta la pérdida causada a línea existente. Puede ser que no la dañe, debido a que el ferrocarril actual no disponga de medios para atender a un tráfico crecido, pero si es que daña al que está en servicio, la cantidad perdida o disminuída puede ser capitalizada y tomada en cuenta alhacer los balances. Especialmente importante sería esta consideración si la línea existente pertenece al Gobierno o está garantida por él.

Si la línea existente pierde tráfico, disminuye también sus gastos, entonces estos gastos tienen lugar de aparecer en los balances.

Si la línea discutida tuviera, digamos, trescientos kilómetros, la pirámide considerada sería truncada en el kilómetro trescientos, y la parte correspondiente al espacio, entre el kilómetro trescientos y el kilómetro cuatrocientos cincuenta y siete y medio, descontada del total.

Es claro que la parte de la línea más alejada del mercado es la parte que rinde menos en contribuciones y en tráfico, y siempre sería inútil ir hasta el último punto, porque el aumento calculado es el promedio, y cerca al último punto es indudable que la producción no cubriría los intereses sobre el costo de construcción.

Hay un punto intermedio en cada caso de la práctica, ya sea en el kilómetro trescientos cincuenta, ya sea en el kilómetro ciento setenta, o menos aun, donde el aumento por cada kilómetro no es suficiente para cubrir los gastos sobre ese kilómetro, ya sea de explotación o de intereses.

En la práctica tampoco tendrá límites rectos el diagrama. Más probable es que una cordillera, un río, algún otro medio de communicación como el mar, u otro ferrocarril, entre con su influencia a la zona afectada. El autor, en la práctica, cuando tiene que contar con líneas curvas, y las condiciones topográficas no consideradas en el diagrama, hace lineas que semejan curvas de nivel, con diferencias de altura de un dollar, peso, libra, o lo que sea la medida de valor más conveniente.

Cada curva de aumento se cierra sobre sí, pero puede tener

bajos adentro, por causa de pantanos o arenales inproductivos, los cuales se quitan. Si la línea es corta pueda ser posible calcular el total como si fuera una pirámide, es decir, calcular la estrata de cada aumento, pero siendo larga la línea, bien fácil es tratar los datos cual si fuesen secciones transversales, como las que son tomadas para cubicar la tierra.

El promedio de los terrenos cultivables, y buenos para el pastoreo, generalmente es un dato disponible en la oficina de tasación del Gobierno, pero si no, los mismos agricultores lo darán. Con tantos datos que considerar, el autor no puede pretender que el diagrama hecho servirá, aun en un solo caso en la práctica, pero sí, pretende que es la base ideal del estudio de aumento de valores y que puede servir como guía en el estudio de tráfico, de contribuciones equilibradas, y muchas otras cosas. Los detalles en cada caso pueden ser muy complejos, o nó, segú las condiciones, pero es complejo, también, decidir si deben ser invertidos unos cuantos millones de moneda en una obra precisa, cuando las necesidades de la zona son tan grandes. Es especialmente, importante un estudio semejante sobre todos los proyectos de ferrocarriles, en un país que base sus contribuciones sobre el valor del terreno, pero siempre ayuda mucho en el estudio de tráfico probable.

Lástima es que el ingeniero joven esté dipuesto a formar su opinión sin estudiar los muchos detalles que deben afectarla, presumiendo que, por ser ingeniero titulado, está en posesión de adivinar el efecto de cualquier acción. Habiendo sido también ingeniero jóven, el autor está en situacion de decirlo, pero no tanto es culpa del recién recibido, sino como de la falta de instrucción. Los estudios que hace, generalmente, son de materiales y muy poco del hombre. Si ha sido mantenido en la escuela y universidad por sus padres, recibiendo el dinero necesario al fin de cada mes, no puede apreciar su valor, por que no lo ha ganado, mientras que el que lo invierte, por medio de los banqueros, dedica su vida a la ganancia de él y aprecia las dificultades de hacerlo. Muchas veces son personas relativamente pobres, que tienen que cuidar sus ahorros mucho tiempo para poder comprar un bono. Un gran número de personas confían sus ahorros al banquero y él, por la confianza de ellos, puede fiscalizar una obra de importancia, pero tiene que estar muy seguro de la inversión. De otro modo pierde su posición de banquero, y probablemente el dinero suyo también. Entonces no podemos

criticarle si, ademas de desear la opinión del ingeniero, desea saber también la manera como ha sido formada. Después de haber estudiado muchos proyectos semejantes, un ingeniero sabe con que se puede contar, dadas ciertas condiciones, pero después de haber tenido a su cargo muchas obras de importancia, ya no es ingeniero joven, y no pretende el autor que el consultor de mucho saños de práctica, necesita asegurarse de cada detalle. Otra falta que estamos dispuestos a hacer, es considerar al obrero como si fuera una máquina, que nunca se cansa, que se presta fácilmente a la disciplina, concentrando toda su ambición en mover cierta cantidad de tierra por cierta suma de dinero. Resulta que hacemos un presupuesto de costo, basándolo sobre el costo de otra obra semejante, pero bajo condiciones muy diferentes, contamos en separar los obreros de sus familias, que trabajen en tiempo de lluvias, y cambiar su vida en los detalles más íntimos, para ganar cierto sueldo. Por supuesto, no podemos ni queremos hacer diagramas del obrero, pero al hacer un presupuesto para una obra en territorio nuevo, uno debe considerar con mucho cuidado la posibilidad de obtener los brazos necesarios y el costo de lo que permita asegurarse que estarán contentos mientras hagan el trabajo. Demasiadas han sido las huelgas y la paralización de obras de importancia, por la falta de considerar el bienestar de los obreros; el bienestar y contento de ellos puede costar dinero, y si es así, debe ser incluído en los presupuestos.

Reconociendo el hecho de que el joven está en peligro de formar una opinión sin contar con todos los elementos, por no conocerlos, el capitalista le teme, pero si uno puede probar, por sus estudios detallados, que no ha olvidado ninguno de los elementos importantes, no solamente satisface al capitalista, sino que se satisface a sí mismo, lo cual tiene una importancia considerable. Espero que los datos ofrecidos puedan ayudar un poco a los ingenieros jóvenes, pero de todos modos, el buen éxito de cualquier estudio o proyecto, reside tanto en el trabajo cuidadoso, como en el valor intrínsico del proyecto, o en la habilidad innata del ingeniero, o en los libros de referencia.

CAPITULO III

RECONOCIMIENTO PARA RUTA

Después de haber sido fijados por autoridad superior, los puntos principales por los cuales pasará la línea, el ingeniero sale al campo para determinar mas detalladamente, la ruta que debe seguir. Generalmente el origin y termino del proyecto, y a veces algunos puntos intermediarios son fijados en la concesión, o arreglo con el Gobierno. Las instrucctiones para el ingeniero pueden ser las siguientes, que he elegido de la práctica; cambiando los nombres propios:

"La empresa desea construir una línea corta, para servicio rápido, entre 'Alpha' y 'Rho.' Es necesario que conecte con las líneas existentes en los dos puntos, así como con las vías del puerto. Las rampas, y pendientes, no deben exceder uno por ciento, porque es el máximo en el resto de la línea, y no queremos quebrar los trenes. Las leyes del país no admitan curvas de radio menor que 400 metros, con una distancia mínima entre ellos de 150 metros. Las locomotoras máximas, serán de 25,000 kilos sobre cada eje, y el tráfico de norte a sur es estimado en 50 por ciento del tráfico de sur a norte. Se puede gastar $15 para disminuir la distancia un metro, entre 'Alfa' y 'Beta,' y $12 entre 'Beta' y 'Rho.' Saliendo de 'Alfa' la línea pasará por 'Beta,' entonces al Este para conectar con el F. C.—, siguiendo esto hasta la frontera, y de la frontera hasta 'Rho' por la ruta que ofrece mas tráfico local."

En este caso los puntos "Alfa," "Beta," "F.C.—," y "Rho" son los puntos forzados primordiales. El ideal es una línea recta que conecta estos puntos y uno nunca debe variar de la línea recta si no hay razón económica para hacerlo. El primer deber del ingeniero es buscar los mejores mapas del territorio entre los puntos primordiales y trazar una línea recta conectándolos. Esta línea puede pasar encima de las lomas, o por terrenos muy quebrados, pero indica la dirección ideal. Si hay un río que sique la dirección deseada, es probable que ofrecerá

los mejores pendientes, porque un río baja siempre en la misma dirección, y en vez de ser precipitado es muy regular. Por supuesto hay cataratas en muchos ríos, pero el agua buscará los puntos mas bajos en su curso, y los rápidos en los ríos pueden ser pasados tan facilmente, por el desarrollo de la línea, como los peñascos precipitados en otros puntos. Si la dirección aproxima a una silla en la loma en donde originan dos ríos importantes, y es necesario pasar de un sistema de drenaje a otro, sería bien elegir esta silla para la primera cumbre de la línea, siendo mas facil hacer el cruzamiento en las cumbres que en otro lugar, porque no habrá necesidad de puentes. Si hay dos sillas que ofrecen mas o menos la misma oportunidad de seguir la dirección deseada, es mejor elegir la que es mas angosta, y que baja rápidamente de la parte mas alta, porque si es muy angosta, y se aproxima a la vertical, se puede salvar mucha elevación con una excavación ó túnel muy corto, disminuyendo así la distancia necesaria para desarrollar la subida, o la inclinación de la misma. No vale nada la línea de base para determinar la dirección deseada después de haber variado la misma. Al contrario, una línea nueva debe ser marcada conectando el último punto fijado, el cual es un punto forzado secundario, con el próximo punto primordial, y empezar de nuevo. Después de haber marcado en el mapa el curso de drenaje que se aproxima mas a la línea ideal, y suponiendo que no inclina demasiado a un lado, es necesario determinar cual de los dos lados del río debe seguir uno. En una región relativamente pequeña se puede contar con que la topografía seguirá leyes muy parecidas. Esto es debido a que la topografía depende de la geologia y clima, lo cual no varia en poca distancia. Si la inclinación de la madre piedra es al sur, es probable que el lado norte del río es mas pedregoso, y mas quebrado, y que el lado sur tendrá mas planicia y vegetacion. Siendo mas quebrado el lado norte, serán necesarias mas alcantarillas, y mas piedra en excavación, así como mas agua para pasar debajo de la vía. La línea divisoria de aguas de cada rio se aproximará mas al río si dicha linea está al lado inferior, considerando la inclinación de la formación geológica. Como la geología es la base de la topografía, la cual no es nada mas que geografía en una escala pequeña, es muy importante que el que hace el reconocimiento esté al tanto de esta ciencia. Por lo menos, no aceptará como la verdad, una nota topográfica que está en contra de la geología, porque no es fácil creer que existe

tal falta de conformidad. Si el río elegido es grande, el cruzamiento puede ser tan costoso que no hay elección posible entre el terreno en los dos lados, pero si hay oportunidad de usar cualquiera de los dos lados, las dos líneas serán marcadas, para el estudio mas detallado. Algunas veces se encuentra que los cursos de agua llevan la línea demasiado a un lado de la dirección deseada, y que, siguiéndolos, uno tiene que bajar mucho, cruzar un arroyo, y después subir a la primera elevación, aumentando así el costo de explotación sin una ganancia correspondiente. En vez de insistir en tomar el río como guía, es factible, en ciertas partes seguir las lomas intermediarias, y no bajar hasta el fondo de las cañadas. Resulta que las aberturas debajo de la línea serán de poco importancia y no existirá el peligro de aguas altas que dañen la línea, disminuyendo así el costo de construcción de puentes, y conservación. No obstante, las lomas tendrán mas roca que las líneas bajas, y si son angostas, serán mas sinuosas que los valles, con una longitud mayor.

Otra consideración es que las tierras productivas son del valle, y no tanto de las alturas. Hay mas probabilidad de pueblos nuevos en los centros de agricultura y es mas fácil bajar que subir, para llevar los productos a la línea. El tráfico siempre busca el curso mas fácil, y uno no debe ir lejos de las rutas naturales. Hay lomas, sin embargo, que son muy anchas, casi a nivel, bien cultivadas, y ofreciendo oportunidades especiales para ferrocarriles. Generalmente las condiciones locales determinan que una ruta, valle o loma, es superior, pero si ofrecen condiciónes casi iguales, el reconocimiento debe incluir las dos rutas. En las cordilleras es casi imposible seguir las lomas; en los llanos de la Argentina es mejor ocupar los puntos mas altos, siendo tan bajas las lomas que una creciente de un metro o dos de agua cubre todo el valle. En el Uruguay, y sur del Brazil, los valles son muy planos, y aunque uno encuentra mucha roca en los terrenos altos, es necesario seguir las lomas o tener puentes y terraplenes enormes, o estar inundado. El primer reconocimiento debe decidir si es preferible un sistema u otro. Con los datos dados por los mejores mapas del territorio el ingeniero habrá reducido su problema a dos o tres rutas generales, aun bajo condiciones muy extraordinarias, y estará en situacion de salir al campo.

Instrumentos.—Además de sus planos, o mapas, debe llevar los instrumentos necesarios para facilitar sus estudios. No

pueden ser grandes porque muchos de sus viajes serán a pié, a caballo, o en el territorio mas fácil, en coche.

Para medir angulos necesita una brújala, preferiblemente con la variación polar marcado, para determinar mejor su dirección. En varias partes del mundo se usan sistemas diferentes para determinar la dirección; en Sud América es costumbre, por ejemplo, medir todos los angulos a la derecha, y pueden tener una notación de 359 grados, pero en Norte América miden los angulos a la derecha y a la izquierda, leyendo directamente el cuadrante en el cual cae la dirección. La nota, 200 grados, de Sud América, sería escrito en Norte América, Sur, 20 grados Oeste. No es posible decir que uno es mejor que otro, porque depende tanto de las preferencias particulares como de la práctica de cada uno. El autor prefiere el sistema de cuadrantes, o de Norte América, porque todos los ángulos son anotados menores de 90°, y después de marcar el Norte y Este en los planos se pueden marcar todos los ángulos directamente con un compas, sin hacer cálculo ninguno. Así se elimina el cálculo del ángulo, con la posibilidad de error en lo mismo, se economisa también el tiempo gastado en hacer los cálculos. También las tablas trigonométricas son calculadas para angulos menores de 90°, y si uno quiere cambiar la línea considerada para pasar por otro punto, mas al norte, o sur, se pueden leer las funciones directamente sin cálculo. No cabe duda que ha dado mejor resultado y ha disminuido el trabajo necesario, en Norte América, pero muchos prefieren el otro sistema porque lo conocen, y les resulta confusión si pretenden cambiar su costumbre. Al fin el resultado es lo mismo, y en casi todos los mercados donde venden instrumentos el comprador puede elegir la brújala que quiere. Sobre todo debe ser un buen instrumento, y hecho de tal manera que pueda ser leído un ángulo de un grado, con las divisiones de un cuarto de grado. Debe tener dos brazos puestos en el lado Sur y Norte, con aberturas para colimarla con la dirección deseada. Son hechos por casi todas las fábricas de instrumentos en Europa y los Estados Unidos de Norte América, costando de $6 hasta $15, moneda Norte Americana. Tienen un diámetro, cuando mucho, de diez centímetros, y algunos muy buenos son menores.

Sus binoculares deben ser los mejores que las circunstancias permiten, y de número seis. Los de Suiza son muy buenos, aunque son hechos en otras partes tan parecidos que pocos pueden

notar diferencia alguna. En Inglaterra los mejores que ofrecen vienen de Suiza y cuestan £7.10 en Londres.

Los números mas altos son mas poderosos para las grandes distancias, pero el campo de vista es disminuido, y no se pueden notar las pequeñas diferencias en el color del campo, que puede indicar una barranca o cañada. Para algunos los números altos son mejores, pero para él que tiene que estudiar la topografía con mucho detalle, el seis es preferible. La dificultad que se encuentra con muchos gemelos baratos de campaña es que los vidrios no permiten la distinción necesaria en colores. Si se ve que hay un punto intermediario que es mas verde que los alrededores, es probable que baja el terreno y que hay mas agua que en otras partes. Por el contrario el color de heno seco indica poco agua, terreno duro, o alto, y que uno debe esperar un cambio de inclinacion si va hasta el punto notado. En la distancia aun el terreno muy quebrado puede aparecer una planicie, y no debe equivocarse el ingeniero en su estudio de topografía por cuestión de instrumentos de segunda clase. Para obtener las elevaciones dominantes, algunos ingenieros usan el barómetro aneroide. Un aneroide es un barómetro que no usa líquido, sino que mide la presión por medio de muelles, o el movimiento de un diafragma. Son hechos, generalmente, en forma de un reloj de bolsillo, y si son leidos en posicion horizontal el peso del mecanismo afecta un poco el resultado. No obstante, es mas fácil leerlo en esta posición y si es usado siempre en la misma manera no debe causar errores de importancia. Los instrumentos mas baratos llevan un círculo con las elevaciones escritas y no consideran las correciones necesarias debido a las variaciones de temperatura, humedad, aumento de gravedad con la latitud, y disminución de gravedad con la altitud. También hay variaciones en las localidades encerradas por la misma línea isobarométrica. Al nivel del mar, en el norte de Africa, el mercurio marca una altitud de treinta pulgadas. En la misma elevación al sur de Magallanes tiene una altitud el mercurio de veintinueve pulgadas. Si está marcado el instrumento para dar la elevación en uno de los dos puntos, puede indicar en el otro un error de trescientos metros. Si el instrumento tiene la escala fijada en cualquier altitud de mercurio, y de este punto empieza a marcar las elevaciones en metros, o pies, no debe ser usado, porque no es posible que sea correcto para tantas condiciones variables. Debe marcar solamente la altitud de mercurio, es

decir, la presión del aire, porque verdaderamente no tiene mercurio. También puede variar mucho desde la mañana hasta la noche, tanto, que en algunas partes, se puede determinar la hora por las variaciones de presión. La base del instrumento es el hecho que el mercurio pesa 10,500 veces el peso del aire. Si el aire no variase, uno pudiera decir que la subida de 10,500 cm. sería marcado con una caída de un centímetro de mercurio, pero la densidad del aire varia con la presión. Los instrumentos ingleses y americanos son marcados con centésimos de pulgada de altitud de mercurio. Después de comprar uno, aun que sea marcado "compensado," el que lo va a usar debe llevarlo a un punto de elevación conocida, y comparar las lecturas bajo condiciones diferentes de temperatura. Con hielo, y aire caliente, se pueden hacer los ensayos para las condiciones esperadas, y notarlas. Algunos de los errores pueden ser eliminados por medio de tornillos, y las instrucciones que acompañan al instrumento. Otros no pueden ser corregidos, y tienen que ser tomados en cuenta al hacer las observaciones. También tenemos que recordar que usamos el instrumento para determinar diferencias de elevación entre dos puntos, mas que para determinar la elevación de un punto sobre el mar. Es mejor siempre tomar dos lecturas en un punto si uno ha pasado mucho tiempo en uno de ellos antes de ir al otro. Por ejemplo no debe uno tomar la lectura en uno hoy, y en el otro una semana después, porque las condiciones pueden variar demasiado. Si es posible salir del campamento en la mañana, hacer un viaje, y volver al mismo punto en la noche, es mejor.

Después de tomar las lecturas el ingeniero desea reducir las elevaciones. Como las fórmulas son my largas, es costumbre usar tablas para hacer las reducciones. Las tablas son calculadas generalmente, para latitud de 45°, y la correccion es (−0.00265, coseno 2 latitud). En los polos, la diferencia es veintiseis en diez mil, y sobre el ecuador es zero, pero no es usado en las tablas. Tampoco corrigen para la diferencia de gravedad con altitud. La correción principal es para los cambios de temperatura. No es la intención del autor entrar en largas discusiones sobre los varios estudios y formulas existentes. Ha sido bien explicado, en inglés, por el Ingeniero G. W. Plympton. Su libro ha sido usado para comparación de tablas por el autor. Es publicado por D. Van Nostrand de Nueva York, y es recomendado a los que deseen seguir su estudio del aneroide. El Profesor Airy,

quien fué Astrónomo Real de Gran Bretaña, preparó una tabla de altitudes correspondiendo a las diferentes altitudes de presión, y ha sido publicado en varios libros. Como hay tantos instrumentos ingleses usados, ha sido incluido en la Tabla No. XIII.

T y t indican las temperaturas (Fahrenheit) en los dos puntos. Debe tomarse la diferencia de altitud indicada por cada lectura de barómetro, y multiplicarla por $\left(1+\frac{T+t-100}{1000}\right)$. El resultado será la diferencia en altitud, en pies ingleses, sobre el mar. Si el instrumento usado indica millimetros de presión; y las temperaturas son indicadas en Centigrado, entonces, es costumbre usar las tablas de Radau (Número XV). T y t indican las dos temperaturas. La altitud correspondiendo a una lectura del aneroide es substraida de la altitud de la otra lectura, y la diferencia es multiplicada por $\left(1+\frac{2(T+t)}{1000}\right)$. El resultado es la diferencia en la elevación entre los dos puntos, en metros.

Algunos instrumentos se "pegan," o no se mueven hasta algún tiempo después de haber tomado la elevación. Para comparar cierto instrumento con diferencias de elevación conocidas, el autor midió una diferencia de 150 metros con un nivel de mano, pero el aneroide no indicó cambio ninguno. Después de pasar dos horas el instrumento, de repente, marcó una subida de 200 metros, pero en pocos minutos bajó a 160 metros. Si uno va a caballo, es fácil que el movimiento del animal haga vibrar la aguja tanto que la cansa, y las variaciones de elevacion son oscurecidas. Es necesario cuidar el instrumento mucho, y hay ingenieros que insisten en que los resultados no valen la pena. El barógrafo, un instrumento hecho en Suiza, tiene un reloj, y barómetro, con un rollo de papel cuadriculado. Mientras que viaje uno, la pluma marca un perfil con elevaciones como ordenadas, y tiempo, u horas, como abscisas. Cuesta diez libras esterlinas, en Méjico, y doce en Buenos Aires. No son exactos, ni mucho menos, pero hace sus anotaciones por sí solo, y entre puntos relativamente proximos, es tan seguro como cualquier otro instrumento de su naturaleza. Ha sido la suerte del autor tener mas éxito con este instrumento que con los otros.

Si uno no tiene barómetro, se puede determinar la altitud de un punto, aproximadamente, por la diferencia de temperatura del agua hirviendo. La diferencia de altitud de mercurio en pulgadas que corresponde a una diferencia de temperatura de un grado (F),

es, 0.36+(0.008(t−183°)). Es decir, entre temperatura de 183° y 184°, la diferencia es 0.36 pulgadas. Entre 211° y 212°, la diferencia es 0.591. Para 183° el barómetro debe indicar una presión de 16.317 pulgadas, y para 212° una presión de 29.992 pulgadas, siempre que esta suma indique nivel de mar. Si uno desea preparar una tabla para su uso puede hacerlo con estos datos. La primera adición de 183°, a 184°, es 0.361, después, para otro grado, 0.37, etc. Como la temperatura del aire afecta a la presión, y la presión a la temperatura a que hierve el agua, hay que hacer la corrección de temperatura, lo mismo, pero el único instrumento es el termómetro, y la dificultad mas grande es determinar la temperatura del aire y agua con la exactitud necesaria.

No se puede contar con la exactitud de los datos obtenidos, en todos los casos, porque, además de las variaciones momentáneas de temperatura y humedad, los vientos pueden afectar las lecturas. Hay remolinos en el aire como en el agua, y la temperatura de la mano puede ser diferente que la del aire. Si no es mas que cinco grados (F) no es importante la diferencia.

La determinación de las elevaciones relativas de los puntos intermedios de la línea es importante, pero no es evidencia absoluta de la ruta que debe uno seguir. Sobrevencer una diferencia de cien metros en dos kilómetros es mas difícil que doscientos metros en veinte kilómetros, especialmente si uno está limitado a la pendiente máxima de uno por ciento. En el primer caso sería necesario vencer la diferencia de elevación por medio del desarrollo de la línea, lo cual no es siempre fácil, ni aun factible. Para el desarrollo de una línea barata, es necesario que el valle sea ancho, y las inclinaciones del terreno pequeñas. Casi nunca es barato, porque es necesario encontrar terreno para soportar una rasante fijada, mientras que en una línea en terreno mas abierto la graduación, o pendiente, es ajustada a la topografía. La naturaleza ofrece facilidades para lo que va con ella, pero uno que sube para pasar por un terreno que baja encuentra dificultades. Si no fuera ancho el valle, habrá necesidad de hacer muchas curvas de radio corto, y será necesario compensar esta curvatura, o disminuir los pendientes, para que no aumente demasiado la resistencia. Resulta que la elevación ganada por la mayor distancia es perdida en la mayor curvatura. Si no es factible el desarrollo debido a la topografía, entonces no hay mas solución que buscar otra ruta, o aumentar la pendiente máxima.

Resulta mas barato, muchas veces, aceptar una cumbre mas alta, pero mas accesible debido a las suaves inclinaciones de las taludes o faldas, si la distancia disponible alcanza para la subida con pendiente máxima. De ningún modo debe uno aceptar una cumbre solamente porque es mas baja que las demas, é insistir en ocuparla, apesar de las dificultades para acercarse con el trazo. Siempre hay que tomar en cuenta que la elevación adicional, si no afecta la pendiente máxima, no aumenta los gastos de explotación sino en el concepto que necesita uno gastar bastante fuerza adicional para levantar el tren la altitud aumentada. Tratando de altitud adicional en las cumbres principales, un gran aumento de elevación, en una línea de mucho tráfico, será costoso, pero de todos modos puede ser reducido a valores aceptables, é incluidos en el presupuesto.

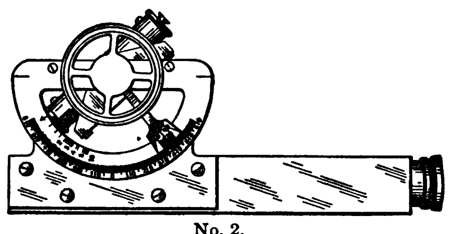
Si la línea va a tener poco tráfico, es posible a veces, introducir un tramo de pendiente tanto mayor que el máximo, que solamente pueda moverse un tren con dos locomotoras, pero será muy costoso esta solución de las dificultades si es corto el tramo de inclinación alta, porque la locomotora adicional tendrá que pasar mucho tiempo esperando, y poco trabajando.

Sin embargo, el método de desarrollo ocupa su lugar definitivo en el estudio de trazados. En líneas de mucho tráfico siempre será usado, y aunque sea poco el tráfico a la vista, siempre debe el ingeniero estudiar é informarse sobre las posibilidades de disminuir las pendientes naturales por medio del aumento de distancia.

Ha sido notado que las diferencias de elevación no son determinantes absolutas del valor de una ruta, pero son de mucha importancia, como saben todos que han tenido mucha práctica. Casi siempre nacen los ríos mayores en cumbres menores, y por el contrario, generalmente las cumbres menores indican que son origen de los arroyos principales especialmente si la formación del terreno es relativamente moderna. Por lo menos indica que hay menos elevación por vencer y que las aguas llegarán mas pronto a la tierra fértil, y a valles mas anchos. Para aumentar la evidencia es necesario saber la distancia del punto determinado, hasta la cumbre referida, y si hay terreno para soportar la línea entre los dos puntos. El verdadero problema es averiguar si puede ser pasado con una pendiente no mayor que el máximo determinado, y para esto tiene que ser conocida la distancia y elevación. En países muy bien desarrollados hay mapas de mucha exactitud de su territorio que tienen tantos datos que la

distancia puede ser determinada, pero pocos de estos mapas tienen las elevaciones.

El nivel de mano, con un arco para medir ángulos de inclinación de terrenos, es hecho por muchas fábricas. En un punto tiene una abertura para el ojo, y en el otro es puesto un alambre de poco diámetro. Después de alinear el alambre con el ojo y un punto, a la misma altura del ojo sobre el terreno, el arco es movido hasta que la burbuja parece ser dividido por el alambre, y en el arco es leído el ángulo de inclinación. Si se desea determinar una línea al nivel del ojo el arco está puesto en zero, y cuando está a nivel el instrumento, la reflección del burbuja aperece sobre el alambre. El tipo "Abney" es el mas conocido y cuesta $14 en Nueva York.



No. 2.

Si el ingeniero tiene que estudiar mucho del territorio a pié es conveniente que lleve un pedómetro, que cabe en un bolsillo del pantalón y cuenta automaticamente los pasos que dá. El que hace esta clase de estudios no debe variar el largo de sus pasos nunca, si no es necesario. En toda oportunidad debe contar sus pasos ordinarios sobre distancias determinadas, hasta que esté relativamente seguro que no varian mucho. No deben ser muy largos porque es muy fácil disminuirlos si uno esta cansado, resultando que la distancia anotada es mas larga que la distancia verdadera. Es mejor para cada uno habituarse a andar con el mismo paso; siempre que puede sostener lo todo el día, y aceptar lo que es mas conveniente y fácil de hacer, sin pretender conformar a cierto número de pasos en una distancia dada. Necesita también un buen reloj para ayudar a determinar las distancias viajadas aproximadamente, y determinar las horas de observación si usa un instrumento de precisión, una regla graduada y un transportador, para trabajar en los mapas.

El equipaje del ingeniero debe ser lo menos que sea absolutamente necesario; cuando mucho, un solo cambio de vestido, para no tener que pasar las noches en ropa húmeda; un poncho, y las monturas de caballo. Siempre debe tener un costal que no deje pasar el agua para guardar los libros de campo é instrumentos finos. De ningún modo debe perder sus libros, ni dejarlos mojarse. Si es posible encontrarle, necesita un ayudante que conozca bien el territorio que está estudiando. La altura del ojo, cuando uno está a pie y a caballo, debe ser conocida de antemano, asi como la distancia que uno viaje a pié, a caballo, y en coche, en cierto tiempo. Jamás debe perder su orientación, y para no equivocarse en este detalle muy importante, debe hacer un croquis mientras viaje y asegurarse de las direcciones por medio de la brújula, siempre que haya peligro de perderse. El que no tiene el sentido de dirección nunca será hombre apto para hacer estudios de ruta. Puede hacer los trazados después de tener las instrucciones correspondientes, pero no hay instrucciones detalladas para el que hace el reconocimiento.

Ya estando preparado para salir, es útil considerar los datos que son de importancia, y la manera de apuntarlos. Verdaderamente hay pocos que se refieran al territorio que no sean interesantes, y uno debe apuntar, no solamente lo que le parece de interés para el momento, más todos los detalles que sea posible. Siempre es mejor emplear un poco mas de tiempo de una vez, y terminar el estudio, porque es muy probable que no se puede regresar. Los nombres de los propietarios principales, una descripción pequeña de su campo, y propiedades, las posibilidades para situar campamentos, si hay leña y agua, y vecinos para proporcionar comestibles; la clasificación del terreno, la profundidad de la roca, la topografía general, ancho de ríos, y en fin todos los detalles que sean de interés para facilitar los estudios definitivos, para estimar el tráfico probable, y el costo de construcción, explotación, y conservación. Los libros usados deben ser del mismo tipo que se usan para estudios definitivos, para que puedan archivarse todos juntos. Sigue una muestra de los datos tomados sobre una línea, por el autor.

La velocidad del sulky había sido determinada por la medida de la rueda, y la cuenta de revoluciones de la misma en un período de treinta minutos. La cuenta se puede verificar de vez en cuando si cambia mucho el tiempo, condicion del camino, o energía de los animales.

Si no está cultivado el terreno y se desea saber si puede ser poblado con colonos, el ingeniero puede hacer un ensayo de muestras de la tierra, cada noche. Por supues , no es posible hacer muchos ensayos, pero si estudia bien la vegetación, y busca unas muestras de tierra con cada clase de pasto, es posible obtener datos muy valiosos del porvenir del territorio. Una manera de determinar si un suelo tiene cal es como sigue.

Se toman unas pocas paladas de tierra de diferentes partes del campo y se secan, se pulverizan y se mezclan bien. Se toman unas onzas de este polvo y se reduce a cenizas poniéndolas sobre el fuego en una pala de hierro. Al enfriarse se ponen en un vaso de vidrio, se mezclan con bastante agua para cubrirlas y agitándolas con una vara de vidrio o madera, pero nunca con nada metálico. A la pasta se agrega, digamos, una onza de ácido hidro clórico, o muriático, o espíritu de sal, y se agita. Si tiene lugar una viva efervesencia es señal que el terreno tiene cal. Si es débil la efervesencia, hay poca cal, y si no hay cal queda muerto el líquido. Si no hay cal, el terreno es ácido, y es necesario poner cal, o como dicen, fertilizar el terreno. Los ensayos comunes para los alcaloides son bien conocidos, así como el sabor del agua que los lleva.

Entre otros datos que debe rendir el ingeniero después de su estudio son los siguientes:

1. ¿Cuantos metros cúbicos de material por kilómetro, en excavacion y terraplén? (Aproximado de la experiencia, en secciones de diez kilómetros.)

2. ¿Que porcentaje de piedra, grava y tierra?

3. ¿Cuantos metros lineales de puentes de acero de claro ordinario? ¿De claro grande? Número de alcantarillas de uno, dos, tres, y cuatro metros.

4. ¿El largo total del trazado, y manera de determinarlo?

5. ¿Clase, y número de estaciones necesarias?

6. ¿Es necesario tener talleres, torna-mesa, oficinas, tanques, bodegas, corrales, casetas para empleados, bombas, carboneras, grúas, diques, vías laterales, conección a fábricas, canteras, u otras líneas, y si es así, cuantos, y qué clase?

7. ¿Hay combustible, agua, aceite, o grasa a lo largo de la línea, o es necesario importarlas? ¿Si hay, son buenos para el servicio?

8. ¿Hay piedra para lastrar la línea? ¿Dónde? ¿Costo? ¿Clase?

80

Mayo 14 -

8.00	hasta 9.00, encima del cerrito (neblina) Km. 41, encima de la loma pero muy bajo.
	Terraplen de Ocho á diez metros sin abertura.
7.50	
	13 minutos perdidos
7.37	Herreria Km. 41 -
7.30	K. 40 - Camino y loma empieza a bajar
7.28	Casa de Tabique - Linea atras, en campo de havas secas
	La falda de la loma es muy quebrada
	Terraplen y corte approx. siete metros
7.20	Tienda (km. 39) a la derecha - Dan posoda hasta para tres personas.
	Camino al Norte. Direccion del Camino N. 80° Oeste
7.15	= K. 38 (9 minutos perdidos)
7.06	Casa de Felix Andrade (4 eucalyptus atras)
	12 minutos = 2 km. + 36 = km. 38 Excavacion para cisterna tiene roca a una
	profundidad de seis metros
6.54	Perdido seis minutos, = k. 36.
6.48	El camino al lado Km. 36, en médano.
	El Trazado debe faldear el pantano
	cruzando el arroyo 300 metros, aguas
	arriba, del paso tocando a la isla que tiene un ALAMO en Medio. Puente de 50 metros. (velocidad un kilom. en seis minutos)
6.30 A.M.	Salimos del Hotel en sulky. Proyecto 2°

No. 8.

80


Hasta aqui, pastoreo
10,000 cu. m. por km.
N. 42° E.
a-la-escuela
Cerrito
100m.
200m.
Punto gobernante secundario
HERRERIA
Sur
50° E.
100 metros atras Casa de Tabique (7.28)
Camino (7.20)
Camino sobre la loma
Km. 38
Casa
Cerro
Egido
Carpincho
Sierra
Sierra
Orqueta
80 m.
400 m.
Km. 36
Carreteros
Casa
EL PASO á M-
Pantano
Pueblo de R-
PLAZA
Arroyo
Proyecto 2°
Proyecto 1°

No. 3.

9. ¿Hay madera para durmientes? ¿Dónde? ¿Costo? ¿Clase?

10. ¿Como están los caminos para transportar materiales y productos? ¿Donde están?

11. ¿Hay obreros disponibles en el territorio para hacer la obra? ¿De dónde vendrán?

12. ¿Qué clase de obreros son, y cuanto cuestan?

13. ¿Están bien dispuestos los habitantes para el proyecto? ¿Si nó, porqué?

14. ¿Cuánto costará el derecho de vía, y terrenos necesarios para estaciones?

15. ¿Después de comparar cada variante de línea, que ruta le parece la mas barata? ¿Cúanto son los presupuestos, aproximados?

16. ¿Cuantos habitantes hay en cada sección, o tributarios a cada estación?

17. ¿Cuales son sus ocupaciones, productos, y compras? ¿Está bien distribuido el terreno, o hay pocos ricos y muchos pobres, que no contribuyeran al tráfico?

18. Preparará un plano mostrando el orígen de tráfico en el territorio, y la destinación probable. ¿Como vá ahorá? ¿Cuánto importan que puede ser llevado por el ferrocarril?

19. ¿Que ruta dará el mayor tráfico, en qué dirección, y cuánto en la otra dirección? Preparará una tabla mostrándola.

20. ¿Entre las líneas posibles, cual es la mejor para la explotación, en relación a pendiéntes, o rampas, curvatura, y distancia?

21. ¿Con las tablas y cróquis correspondientes, cúal de las líneas son recomendadas para estudios definitivos?

22. ¿En la línea recomendada, o líneas, si hay mas posibilidad que una, cuáles son las instrucciones para el Ingeniero de Trazo? Incluido en estas debe ser el punto de partida, y las instrucciones detalladas de la ruta; puntos aceptables para campamento, nombres de campesinos que venderán forrage y los comestibles del campo; los pasos en los ríos; los comerciantes en los pueblos que llevarán una cuenta con la comisión, para no tener que llevar mucho dinero en campamento, y cualquier otro detalle que ayudará al encargado del trazado a llevar a cabo su cometido en el menor tiempo posible.

Algunas veces no es necesario que la comisión haga los estudios minuciosos de una línea como se hacen de otra. Por ésto las instrucciones deben decir el objeto del estudio. Si, por ejemplo,

parece necesario hacer un desarrollo largo, para pasar una cuchilla, o cordillera, muchas veces es conveniente hacer un estudio ligero que cruze el obstáculo directamente con un túnel largo, pero los túneles cuestan mucho dinero y puede ser antieconómico hacerlo con poco tráfico, pero si úno descubre, por medio de la taquimetria, que un túnel puede ser construido cuando el tráfico aumenta, puede ser que la línea actual sea hecha de una manera provisoria, para ser cambiada después. Aun así, no vale la pena hacer un estudio detallado sobre la línea del túnel. Sabiendo las elevaciones del túnel propuesto, origen y terminación, será bastante.

Si los estudios tienen que ser aprobados por un funcionario del Gobierno, a veces es necesario mostrarle que una variante no es factible, aunque parezca muy fácil. Entónces la línea estudiada no es para ser construida, y el taquímetro da todo los datos necesarios. Si el estudio es para fijar definitivamente el trazo, entónces éste debe ser estacado en el terreno. Si no es mas que un estudio preliminar, y de los datos obtenidos el trazo definitivo va a ser proyectado en los planos, es otra clase, y el tiempo, y costo, varia con cada clase de estudio. De ningún modo se debe mandar al Ingeniero del Trazo estudiar una línea con la comision que pudiera ser estudiada, y aceptada o rechazada, por reconocimiento. Una comision cuesta mas o menos, $50, o sea £10, diarias, y debe producir resultados definitivos. Estudios preliminares cuestan de $10 hasta $50 por kilómetro. La comisión puede estudiar de cinco, a uno, por día. El Ingeniero de reconocimiento muchas veces puede estudiar y disponer de veinte kilómetros. Resulta que el reconocimiento nunca debe ser hecho con toda la comisión, o por sistema de líneas preliminares, si no son tan parecidas las rutas que el ingeniero encargado no puede decidir por el ojo, instrumentos de mano y su experiencia.

En las llanuras es relativamente fácil fijar la línea dentro de una zona limitada, y conectar casi todos los puntos de tráfico importante, pero mientras mas difícil sea el terreno, mas obligados estamos a seguir las líneas naturales, y a dejar a los puntos de tráfico intermediarios un poco al lado. Nunca es posible abandonar por completo los puntos de importancia comercial, porque es debido a ellos que existen los ferrocarriles.

En Norte América se acepta un pendiente de cuatro por ciento como máximo, que no debe ser usada sin necesidad absoluta. Pero en Sud América, especialmente en el lado Oeste, cuatro por

ciento no es raro, y en algunos casos son mayores las pendientes. Esto es debido a las altas cordilleras que tienen que ser cruzadas en una distancia muy corta. La subida es tan pronunciada que en muchos casos ha sido necesario usar cremallera y pendientes de seis hasta ocho por ciento. Uno no puede decir terminantemente que la cremallera es necesaria en todos las casos de pendientes mayores de cuatro por ciento, pero bien sabido es que una línea con pendientes mayores que ésta tendrá que cobrar precios muy altos para sus servicios y tener mucha carga, o no rendirá mucho interes. Será costosísima la explotacíon, y por ser en un terreno tan difícil que es necesario el cuatro por ciento, es probable que será costosa la construcción.

Si es necesaria de todas maneras la cremallera, es mejor, generalmente, aumentar las pendientes, con el acortamiento correspondiente de la línea. Si el ferrocarril está propuesto solamente para el servicio de una mina, o industria, aun vale la pena, en semejantes casos, considerar un tranvía aereo.

Sin embargo, tratamos de ferrocarriles y no de otros sistemas de comunicación, y dejeremos el problema de tranvías aéreos a otros, pero no es malo tenerlos en cuenta como líneas auxiliares para traer carga al ferrocarril.

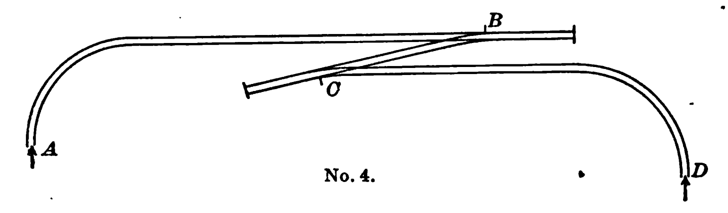
La construcción de una cremallera es muy costosa, y aun bajo condiciones ordinarias la operación y conservación tambien cuestan mucho, mas, sobre todo, es tan complicada que puede suceder algo que deja a la línea fuera de servicio por mucho tiempo. Hace poco, en una de las líneas con cremallera en Sud América, era necesario tornear, y emparejar, las llantas de una locomotora. Con el asiento de la máquina la rueda dentada desguarneció a la barra en una distancia de algunos kilómetros, habiéndose quebrada tambien la rueda. Si se mueve la vía por cualquiera causa, ya no endíentan las piezas; tambien el cambió de durmientes cuesta mucho trabajo.

Aunque es lo mejor la cremallera, no debe ser usada hasta pue no haya sido determinado que no es posible la subida por ningún otro concepto.

Para la tracción directa por adhesión, en algunos casos las subidas mas difíciles son vencidas por medio de switch-backs, como el croquis siguiente: Cuando no es posible encontrar bastante distancia para desarrollar la subida con pendiente máxima, la distancia que falta es obtenida entre *B* y *C*. El tren

viene de *A*, pasa *B*, y por el cambio en ese punto continúa su viaje en dirección inversa, hasta pasar *C*. Otra vez cambia la dirección y sigue en una dirección paralela a la línea *A B*, y tan cerca como el terreno lo permite. La distancia de *B* a *C* es determinada por el terreno, y la elevación que tiene que ser vencida.

La traducción literal de "switch-back" es "cambio-atras," y el tren tiene que ir de uno de los cambios al otro con la locomotora atras del tren. Es peligroso porque el maquinista no ve lo que pasa, y porque un descarrillamiento siempre es mas fácil cuando el mayor peso está sobre las ruedas traseras. Además de eso, el tren pierde su velocidad enteramente en cada cambio, perdiendo a la vez vapor, carbón, y tiempo. Es claro que no es tan satisfactorio como el desarrollo directo, y solo es usado en los peñascos o terrenos muy quebrados cuando no hay cañadas para



No. 4.

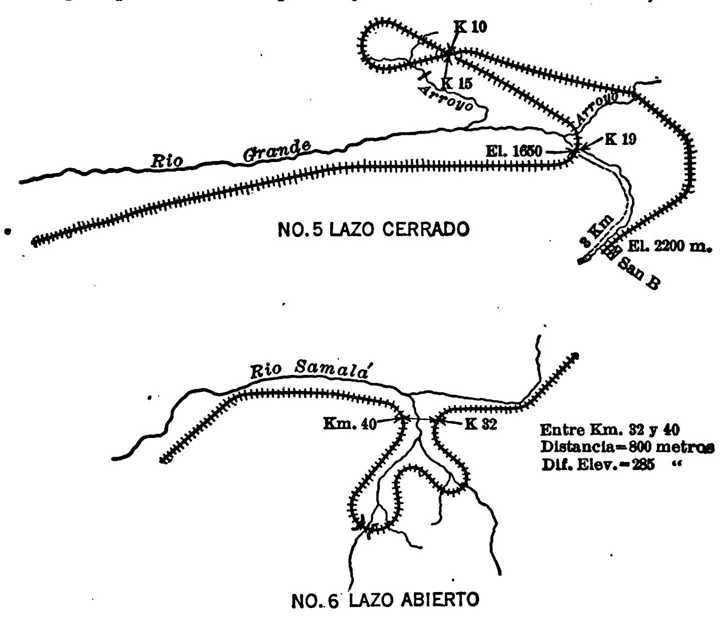
entrar, cruzar, y volver, ni oportunidad de cruzar el curso de agua que sigue uno. De todos modos es un expediente poco aceptable, que no es usado en buenas líneas sin necesidad absoluta. Si forma parte de una línea provisoria, o si la empresa no tiene bastante dinero para hacer una línea buena en todo sentido, o si hay tan poco tráfico a la vista que no puede rendir interés sobre el costo, entonces puede ser considerado uno, o mas, switch-backs.

Sin embargo siempre es una molestia, y una confirmación del vencimiento del ingeniero por la topografía. Será muy atrevido el encargado del reconocimiento de una ruta, que aconseje a su jefe usar un switch-back sin haber agotado por completo todas las posibilidades del desarrollo directo.

El desarrollo mas artístico es en forma de una gaza, algunas veces llamado un lazo. El lazo suele ser llamado una curva de espiral y es de túnel o de puente, segun la manera en que una vía (alta o baja), cruza la otra. En el trazo de un lazo, la

línea se cruza a sí misma, habiendo bajada o subida hasta tal altura que permite, por lo ménos, el paso de un tren entre las dos vías.

Un cróquis muestra la manera del desarrollo por medio del lazo cerrado, y el otro es de un ejemplo de la práctica de un lazo abierto. No son exactos las medidas dadas, pero los croquis pueden servir para fijar en la memoria de uno, dos



maneras factibles para vencer la elevación y tener una línea de fácil explotación.

Para cada condición encontrada hay una solución especial porque cada trazo es un problema distinto. El cañon angosto y encajonado, puede espantar a uno a la primera vista, pero muchas veces, si las paredes son de material bueno, ofrece oportunidades de cruzar de un barranco a otro con puentes cortos, y facilita a uno aprovechar el mejor de cada lado. El valle ancho ofrece oportunidades para dar vueltas en contra de la topografía, y ganar mucha distancia; los bajos en la cordillera ofrecen

no solamente oportunidades para cruzar las lomas, mas también para cruzar de un lado a otro del drenaje sin puentes. Ningún otro detalle de la naturaleza debe escapar al encargado del reconocimiento, porque de él depende el porvenir de la empresa, en muchos casos.

No es bastante que la línea obtenida sea solamente una que es posible construir con la esperanza de ganar algo en la operación. La línea trazada finalmente, y construida, debe estar en tal lugar, y de tal costo, que ninguna empresa nueva puede entrar en competencia y tener menor distancia y pendientes, ni una línea mas barata. El deber del ingeniero es obtener la mejor línea que ofrece el territorio, que pase tan cerca a los puntos de tráfico que ningún competidor pueda quitar a la empresa sus clientes, y que dé el maximo de rendimiento de la suma invertida. Si ha sido bien hecho el reconocimiento, el costo de los estudios definitivos será relativamente poco, y aunque sea mal administrado el ferrocarril, puede recuperarse bajo condiciones favorables, pero si la línea no ocupa el territorio debido, y si está mal construida, es una empresa perdida, y ni buena administración, ni la buena fortuna, puede salvarla.

Se puede decir que el reconocimiento determina la constitución física del ferrocarril, y aunque estará mal de salud en tiempos malos, siempre hay esperanza de mejoras, pero con una constitución mala, será sobrevencida la empresa por sus competidores, y será otro ejemplo de los muchos ferrocarriles que no parten de ninguna parte, llegando a un punto igualmente situado, sin ton ni son, para ser vendido ultimamente para pagar los tenedores de sus bonos, no dejando nada a los accionistas y a los que han trabajado tanto para dar luz a la idea y llevar a cabo la obra.

Además de la importancia de los estudios de tráfico y problemas grandes de la topografía, el ingeniero no debe echar en olvido los detalles del trazado. En muchos casos el encargado de la comisión que hace los estudios recibe sus instruciones en tal forma que está obligado a seguir las indicaciones del que ha elegido la ruta, sin derecho ninguno de hacer cambios en el trazado propuesto. También ocurre, a veces, que no tiene la práctica del primer ingeniero y no se atreve a hacer cambios en el proyecto.

Especialmente importante es estar muy seguro de haber obtenido el trazado de menor costo de construcción, de conserva-

ción, y explotación, pero en obtenerlo, uno no debe temer los presupuestos de costo primero.

Los puentes son para facilitar el paso sobre los ríos, o aberturas, todos los días, y no un mes durante el año. Hay que hacer el estudio de las lluvias en la zona con mucho cuidado, así como las secciones transversales de los arroyos. A veces son muy anchos los cursos, y el agua pasa con poca profundidad. Entonces las aberturas tienen que ser muy anchas, es decir, puentes muy largos, o la elevación de la corona del terraplen tiene que ser muy alta sobre el lecho del arroyo, con el gasto adicional de terraplen mas alto, con obras de protección a lo largo, en los dos lados del puente. Si las aberturas no tienen bastante luz, entonces el agua será impedida por la presa formada de terraplen, y pasará por debajo de la vía por presión hidráulica. No hace ningún daño ésto si los terraplenes son bastante fuertes para servir como presas, pero no es económico hacerlos tan fuertes sino cuando abundan materiales muy buenos para formarlos. A veces uno está obligado a sacar de los cortes mucho mas de lo que necesita para los terraplenes, y si sobra la roca puede ser posible detener el agua un poco, pero si sobran tantos materiales se puede leventar el terraplen y tener mas abertura. Por supuesto, los puentes son costosos, pero mas costoso es dejar inválido un ferrocarril de cien kilómetros porque la lluvia ha sacado un puente que costó dos o tres mil pesos. Si hay duda da las cantidades de agua que pasarán, y un error en las dimensiones es probable, es mejor errar por el lado de seguridad, si las construcciones son permanentes, o mejor en muchos casos, es construir un puente provisional de madera u otro material barato, para cambiarlo en diez años cuando uno está mas seguro de los tamaños necesarios, o cuando la empresa tenga mas dinero. Cuando las lluvias caen, la tierra absorbe lo que le sea posible, hasta quedar empapada si dura largo tiempo el temporal, y lo de mas del agua va por los arroyos. Con el estudio uno puede aproximar la cantidad que queda en el terreno, y la que está perdida, bajo las condiciones esperadas en la región. La parte absorbida por la tierra no nos interesa en el estudio de puentes, sino en el concepto que no es necesario llevarla debajo de la vía. Es con el agua perdida con la que tenemos que contar, y bajo cada condición de dureza de terreno, vegetación, inclinacion de las faldas, pendientes de los canales de desgaste, etc., hay variación en la cantidad que pasará por

los puentes y alcantarillas. Si caen las aguas repentinamente, pasará por los cauces antes de que la tierra pueda tomarla y serán mayores las aberturas necesarias. Después de obtener todos los datos posibles sobre las lluvias mayores de la región, uno puede preparar una tabla y usarla para estimar el tamaño de cada abertura, y de estos datos las cantidades de mampostería y acero necesarias para construirlas.

En el capítulo que corresponde a los estudios detallados de los trazados, serán considerados con mayor atención los pormenores de este asunto, y para el reconocimiento uno no haría mas que usar los cálculos como aproximaciones generales, mas bien haciendo sus presupuestos en exceso para que no haya equivocación, y dejando al encargado del trazado reducir los tamaños de las aberturas al punto mas económico.

Los terrenos se dividen en roca, terreno duro y blando, arena; vegetación, poco pasto, yerba, monte; caida de agua, paulatinamente, rápidamente, constantemente, y las inclinaciones de los terrenos en lomas, faldas, cañadas, y planicies. Las secciones transversales de los ríos y arroyos se pueden medir en carruaje, contando las revoluciones de la rueda, y la profundidad del agua, aumentando la sección si es necesario, para la altura indicada por la resaca.

En el estudio de las faldas a los dos lados de un arroyo, especialmente en las cordilleras es conveniente averiguar cuál de los dos lados tiene nieve durante menor tiempo. Hay lugares donde cae la nieve en un solo lado del arroyo, o loma, debido a los vientos prevalentas; también hay casos en que cae en los dos lados pero en uno se derrite pronto sin derrumbes, y en el otro no; y no es raro que un corte abierto en una falda quite el soporte de la piedra estratificada y resbale mucho el cerro, mientras que el lado opuesto está muy seguro.

Son detalles, o por lo menos parecen ser así, al encargado de los estudios, pero para el ingeniero de conservación no lo son. Si es que cada primavera trae la necesidad de grandes gastos para reparar la vía, y cada nevada obstruye la línea, no ha sido construida una línea barata. Barata de costo primero, puede ser, pero no podemos olvidar que el costo de construcción no es el costo de la línea. Es una parte, pero el de conservación, y los gastos adicionales de explotación debidos a los errores, o economías, en construcción, son otros que tiene que ser incluidos.

Si el trazado proyectado cruza caminos o carreteras, siempre

debe ser anotado el tráfico que pasa por el punto con tantos detalles como sean disponibles. Si las rutas naturales del tráfico no cruzan la línea pero si pasan cerca, digamos unos cuantos kilómetros, el informe rendido debe decir si las municipalidades harán los caminos nuevos o si la empresa tendrá la obligación de hacerlos. De todas maneras habrá necesidad de conectar el ferrocarril con los caminos, mas bien en las estaciones que en otro punto. Muchas veces la situación de las estaciones es determinada por las facilidades de comunicacion con la parte productora del territorio.

Si la empresa tiene que hacer caminos nuevos el costo correspondiente debe ser incluido en el presupúesto. Es un punto qua merece consideración especial porque en algunos países las leyes oblígan a empedrar todos los cambios de caminos, ademas de comprar el terreno necesario, y dedicarlo al gobierno. Si es nuevo el camino entonces no hay necesidad del empedrado, pero en lo que se refiere a cambios es costumbre en muchas partes insistir en elguna clase de pavimentación. Es muy necesario que las locomotoras tengan agua de buena calidad y en gran cantidad. Para que no haya costra, o incrustación de las calderas, con su gasto de explotación y limpieza correspondiente, el agua debe ser dulce y lo mas pura que sea posible. Si hay duda de la pureza del agua encontrada a lo largo del camino es útil tomar muestras, embotelladas en depósitos bien limpias, y enviarlas a algún químico bueno para hacer los ensayos. Si no es posible transportar tanta impedimenta uno puede llevar una botella pequeña, digamos de medio litro, y después de asegurarse que no tiene nada extraño adentro, llenarla con agua y ponerla dentro de agua hirviendo, botella y todo, sosteniéndola de tal manera que pueda escapar el vapor y reducir la muestra a sus sales, o tierra, que contiene. Habiendo llenado la botella varias veces y reducido el agua, se puede llevar el líquido concentrado en botellas muy pequeñas. Si es que no hay depósito a lo largo del trazo será necesario buscarlo, y el costo de pozos, tubería, canales, o bombas, forma parte del presupuesto de la línea. El sitio mejor para las estaciones es el punto mas bien situado para facilitar el tráfico, que tenga buena agua en gran cantidad, mucho espacio en terrenos baratos para el patio, con pendientes suaves en los dos lados. Debe estar protegido el sitio de nieve, arena, malos vientos, crecimientos de los arroyos, sin puentes en el patio, en línea recta, con muy poco terraplén, o

cortes. Mejor si tiene una inclinacion pequeña transversalmente y longitudinalmente, para facilitar drenage del patio, talleres y estación, y lo mas céntrico que sea posible en los pueblos y ciudades.

Después de haber concluido el estudio en el campo, el encargado del reconocimiento prepara sus datos en tal forma que sean fáciles de leer y entender, con un sumario para los empresarios, o encargado del pòryecto, y otro para el uso del Ingeniero de Trazos, los cuales pueden ser en la forma que sigue, elegido de la práctica:

"A la Empresa . . . ,

"Con ésta tengo el honor de presentarles mi informe sobre el réconocimiento para determinar la ruta del ferrocarril propuesto entra 'Alpha' y 'Rho,' cumpliendo así con las instrucciones que Ustedes me dieron el día primero del mes de Noviembre pasado.

"La primera sección contiene los datos sacados durante mi viaje, no como los tomé en el campo sino, recapitulados según el asunto o detalle, y escrito en forma narrativa.

"Los varios párrafos tratan del itinerario, descripción del proyecto, resúmen de la concesión, leyes sobre ferrocarriles, impuestos y contribuciones; resúmen de estudios anteriores, rutas, distancias rectas y pérdida de distancia en los varios tramos, curvatura, pendientes, maderas, rocas y arena para construcción en los varios tramos; clima, temperaturas, vientos, lluvia, y porcentages de lluvias llevados por los arroyos; costo diario de obreros, de animales de trabajo, empleados de trenes de construcción, número de obreros disponible a lo largo de la línea, y puntos de donde vendrán los restantes; puntos de comienzo de construcción, costo de materiales de explotación como carbón, grasa, aceite, etc.; puertos, estaciones, y facilidades terminales. Presupuestos de construcción, por unidad, por tramo, y costo total, dividido en gastos preparativos, terreno, cercas, telégrafos, graduación, tuneles, puentes ordinarios, puentes extraordinarios o grandes, obras de proteccion, desvios de aguas, fosos interiores en cortes y fosos exteriores en cortes y terraplenes; via permanente, vias laterales y a propiedades aisladas, conecciones a otros ferrocarriles,

pasos a nivel y cambios en caminos; estaciones, paraderos, y edificios para empleados, oficinas,' bodegas, carbonerías, tanques, bombas, talleres, giratorios, accidentes, derrumbes, asentamiento de terraplén, obras provisionales, médico, abogado, estudios, planos, ingeniería, administración, equipo, gastos extraordinarios, descuentos, y interés durante el período de construcción.

"El presupuesto ha sido hecho según los tipos de construcción mostrados en el conjunto del libro de planos y cróquis.

"En cuanto se refiere a la explotación de la línea, someto los datos sobre los cuales he basado mi opinión del costo de operación y el tráfico que tendrá que movilízar la empresa, los párrafos tratando de los combustibles disponibles, y el costo comparado con el costo en otras partes, grasa, aceite, madera, la clase de agua y el costo de tratarla quimicamente, sueldos de toda clase de empleados; clase de servicio de trenes necesario, las tarifas que admite la ley, las costumbres, y el rendimiento probable de pasageros, equipage, encomiendas, telégrafo, y las varias clases de carga, especificando la clasificación según las costumbres reconocidas.

"Siguiendo el presupuesto del costo de explotación he presentado los datos disponibles que demuestran el movimiento de carga y pasageros sobre las varias rutas de la región, con un diagrama mostrando el costo actual y el costo por medio del ferrocarril propuesto según las tarifas antes discutidas. Resultando una economía en mover por tren un producto, bajo cualquiera condición mostrada, entonces ese producto ha sido tomado como una parte del tráfico seguro. El aumento de valor en cada producto por la venida del ferrocarril aparece en el párrafo dedicado a ese artículo, y si es grande la ganancia, y el consumo es importante, en el presupuesto del tráfico probable ha sido incluido cierto aumento en la producción del artículo. Juntando los presupuestos de tráfico, los he comparado con las ganancias de otros ferrocarriles en semejantes regiones, encontrando que es un poco menor mi presupuesto de ganancias, y un poco mas mi estimación de gastos, que en las líneas semejantes. Adjunto un diagrama mostrando la dificultad de competencia

por parte de carretas, buques, ferrocarril y otres medios, con la línea propuesta, y algunas tablas de las estadísticas de las provincias y departamentos, por donde pasa el trazo propuesto, y un párrafo discutiendo el sentimiento de los profesionales, comerciantes, agricultores, ú otros habitantes del territorio que se propone servir.

"Basando mi opinión en los datos fidedignos y apreciaciones que preceden, he concluido que:

"Es legal la concesión;

"Es factible la construcción de la línea bajo las condiciones fijadas.

"El costo de construcción será muy aproximado a $20,000 por kilómetro sin descuentos, interés, precio de concesión, privilegio de construcción, o cualquier cargo aparte de la construcción, pero sí incluyendo la compra de equipo, y el poner en órden para explotación, la propiedad.

"El largo total de la línea, siguiendo la ruta elegida, será entre 800 y 810 kilómetros, incluyendo la parta construida del, F. C.——, o sea 110 kilómetros. La construcción nueva ha sido tomada en los presupuestos de 700 kilómetros, y que la inversión total, incluyendo la compra del F. C.——, será $15,000,000, aparte de interés descuentos, compra de concesión y privilegios, y lo demás gastos semejantes.

"Además he concluido que las entradas brutas serán $5,280,000 por año, y que los gastos de explotación no debe pasar de 70 porciento de las entradas, dejando un saldo de $1,584,000 para fondos de reserva, gastos fijos, y dividendos, ya cuando la línea está terminada. Aumentando el capital en 25 porciento para cubrir los gastos de organización interés, descuento, etc., y dejando uno por ciento al fondo de reserva, parece que devolverá un interés de 7.5 porciento para cubrir los intereses sobre los bonos, y los dividendos a los accionistas.

"Después de haber concluido la línea troncal recomiendo el estudio de los ramales marcados en rojo punteado en el plano que adjunto, marcado 'Desarrollo futuro.'

"Incluyo un cróquis mostrando las distancias, curvatura, y pendientes que uno puede esperar, y una carta de instrucción para el Ingeniero del Trazo, que someto

para la aprobación de Ustedes y transmisión a él, si Ustedes lo juzgan conveniente.

"Respetuosamente sometido,

"(Firma)........................."

Las Instrucciones al Ingeniero del Trazo, pudiesen ser en la forma siguiente:

"El trazo de la línea entre 'Alpha' y 'Rho' será hecho de acuerdo con las reglas encontradas en 'Ingeniería de Ferrocarriles.'"

'El estudio empezará en un meridiano solar pasando por la mojonera Sudeste de la Plaza de Armas de "Alpha," siguiendo la Avenida Central hasta pasar el cementerio, y haciendo conexión con las calles para combinar el plano oficial de la ciudad con el de la comisión. Entonces cruza el ferrocarril existente doscientos metros al norte del puente de Arroyo Dulce, y sigue el arroyo hasta los puntos del mismo en kilómetro veinte, sitio del primer campamento.

Desde el kilómetro veinte, debe seguir la loma en dirección magnética norte 10° Este hasta la escuela holandesa en kilómetro cincuenta, colocando el campamento en terreno de Francisco ——. De este punto hay posibilidad de una línea directa al Puerto Piedra, cruzando la laguna en La Barra con un puente giratorio de sesenta metros de luz a los dos lados del machon pivotal, mas cuatro tramos de a veinte metros, un total de 200 metros.

Hay otra posibilidad de una línea mas larga pero sin puente pasando al lado norte del Rancho "Contento" y después directamente al Puerto Piedra kilómetro 70, el tercer campamento.

En Puerto Piedra la estación debe estar al lado norte del pueblo con una curva de conexión a los tranvías del puerto, con radio no menor de cien metros.

Del puerto la línea sigue la costa hasta el arroyo Sarandi, y siguiendo el dicho arroyo pasa por Helvetia, kilómetro noventa, y cuarto campamento, al lado del molino. En el campo "La Dehesa" cruza la loma, y cinco kilómetros mas adelante el arroyo "Ancho", trescientos metros aguas abajo del paso de "Las Carretas." Entonces sube al lado norte del arroyo "Ancho," hasta el campamento quinto en frente de la casa de comercio de "las Siete Puertas," kilómetro 112; a los puntos del "San Gregorio" en kilómetro 125; poniendo el

campamento sexto en la escuela abandonada en kilómetro 137, y otro al lado del pueblo de Liberia en kilómetro 163; cruzando el camino de "Don Pepe" cuatro kilómetros al este del pueblo, y siguiéndolo hasta el río en kilómetro 182, haciendo el campamento octavo antes de cruzar el río ——. Hay dos sitios de puente posible, uno en el punto donde cruza la lancha, con una estructura larga pero fácil de hacer; y otro, tres kilómetros arriba, ofreciendo un puente corto pero díficil de construir. Dos estudios serán necesarios, juntándose en el paradero de los tranvías existentes, denominado "Arenal," en cuyo punto termina el estudío entre kilómetro 187 y 192, pues depende de la ruta tomada.

El costo de distancia se puede tomar en $15 por metro lineal; el costo de curvatura en $75 por grado central; y el costo de subida y bajada, cuando la diferencia en altura es menos de treinta metros, de $175 por metro vertical. Estos precios serán usado solamente en la línea considerada.

El menor radio en la línea principal será de cuatro cientos metros, con ciento cincuenta metros, por lo menos, entre las curvas en direccion opuesta, y dos cientos cincuenta metros de tangente entre las curvas en el mismo sentido.

El pendiente máxima en contra del trafico del norte al sur será uno por ciento, o sea, diez por mil; compensada para curvatura; en contra del tráfico del sur al norte la maxima será seis décimos por ciento, o sea seis por mil, tambien compensada.

Aberturas.—Para determinar la superficia de las aberturas, debe ser tomado el área del terreno en la vertiente, por taquímetro, siempre que un ingeniero pueda hacer el estudio en dos dias, ó menos. Si es que es tan grande la vertiente que necesita mas que dos días para recorrerla, entónces puede tomarla de un mapa o por un viaje a caballo, o por otros medios que parezcan propios al encargado.

Se puede asumir que 85 por ciento de lluvias máximas de cien millimetros en veinte y cuatro horas tiene que pasar por la abertura. Este aproxima a 0.01 metros cúbicos por segundo, por cada hectárea en la vertiente. Si el área es mayor que mil hectáreas, entonces por el segundo mil el área de abertura será 80 por ciento de estas cifras, para el tercero 60 por ciento, y para el cuarto 40 por ciento. Estos datos son para los presupuestos preliminares. Para determinar las dimensiones con mayor exactitud, ya cuando se haya determinado la línea definitiva-

mente, las instrucciones encontradas en "Ingeniería de Ferrocarriles" serán seguidas. La *corona* en terraplén será de seis metros y en corte de siete metros exceptuando los cortes de roca dura que serán de seis metros. *Taludes* en relleno de tierra, uno y medio horizontal a uno vertical, en roca uno y un cuarto por uno. Cortes en arena uno y medio por uno, o mas; tierra uno por uno, roca suelta tres cuartos por uno, roca podrida, pero firme, medio por uno, y en roca dura un cuarto horizontal a uno vertical.

El Derecho de via será de quince metros cada lado, mas lo necesario para estaciones, taludes grandes, espacio para empréstitos de tierra u otras demandas extraordinarios.

Los bosques son pocos, pero densos, y debe existir entre el equipo un hacha o machete para el uso de cada obrero. Llevará tres carros de dos ruedas, porque el terreno es muy malo, y el encargado, y dos obreros, tendrán caballos para montar, total de quince animales para la comision.

El equipo está en "Alpha," a su órden.

Con ésto accompaño copias de todos los planos disponibles, los tipos de construcción, lista de precios para presupuestos, una copia de "Ingeniería de Ferrocarriles," para el estudio y uso de todos los miembros de la comisión, y fondos para seis semanas."

Firma.............................

CAPITULO IV

ORGANIZACION Y EQUIPO

Generalmente el encargado del departamento de ingeniería de un ferrocarril es llamado el Ingeniero en Jefe, aunque algunas empresas extranjeras suelen tener al cargo de todos sus proyectos un Ingeniero Consultor, y nombran un Ingeniero Residente como encargado de cada obra. Cualquiera que sea su título, esta persona, salvo en casos excepcionales, rinde sus informes sobre asuntos de proyectos nuevos, y construcción, al Presidente o Vice-Presidente de la empresa, y en lo que se refiere a conservación, al Gerente.

Suponiendo que el Ingeniero en Jefe está al cargo directo del departamento, como debe ser si es posible, y conveniente, entonces es costumbre nombrar a un Ingeniero de Division al cargo del trazado de una línea larga o difícil en la cual están ocupadas varias comisiones en el estudio; o al cargo de la construccion de cada ramal, o línea, o división grande; o al cargo de la conservación de, digamos, mil kilómetros de vía existente. Los ingenieros de division reciben sus instrucciones y rinden sus informes al Ingeniero en Jefe.

En el trazo de las líneas el "Locator" es el jefe de una comisión y rinde sus informes al Ingeniero de Division, si hay, o en otro caso, al Ingeniero en Jefe. El largo de línea que puede tener a su cargo depende del tiempo disponible para terminar el estudio, las dificultades que son esperadas, y si es que tiene que estacar el trazo definitivo, o nada mas que hacer los estudios preliminares. En construcción el Ingeniero de sección tiene a su cargo, generalmente, una sección de línea de tantos kilómetros que puede visitar toda la obra y volver a su campamento en un día. En algunos casos es titulado "Ingeniero Ayudante, Departamento de Construcción," pero "Ingeniero de Sección" siempre es mas explicativo. El Ingeniero de División en el departamento de Conservación tiene un Ingeniero de Oficina, otro, Ingeniero

de Puentas y Edificios, y otro, Ingeniero de Vías y Terrenos, para ayudarle. Si hay otros ingenieros en el departamento de conservación que hacen estudios solos, o ocupan puestos de responsibilidad, son denominados Ingenieros Ayudantes, y lo demás son niveladores, dibujantes, calculadores, portamiras, cadeneros, y obreros.

Los que están subordinados al Ingeniero de Sección son, Ingeniero Ayudante, que usa el teodolito, y entiende, de la práctica, los deberes de los subalternos. Sigue en categoria, el nivelador, dibujante, calculador, portamira, cadeneros, y obreros.

La comisión que hace el estudio de trazos, y que está al cargo del Locator, debe incluir las siguientes personas: Ingeniero Ayudante, que usa el teodolito, pero entiende detalladamente, todo el trabajo que tiene que hacer cada miembro de la comisión. No solo entenderlo, mas es necesario que haya tenido práctica en cada uno de los puestos de menos categoria. Muchas veces el Locator tendrá que ausentarse por algunos días, y entonces el ayudante estará al cargo de la comisión y será responsable por el éxito del trabajo; siguiéndole, categoricamente, son, el nivelador, topógrafo, dibujante, calculador, portamira, cadenero, segundo cadenero, contador de estacas, banderero trasero, mas dos obreros para trabajo de línea, un cocinero, un obrero para el campamento, y tres carreteros. Si hay muchos árboles o arbustos por cortar o si es que los obreros son de poco valor, o costo, es necesario a veces aumentar este número, pero no es así por lo general. Resulta que, presumiendo que va un estudiante que se emplea como portamira o calculador, habrá seis ingenieros, once obreros, doce caballos para carretones de dos ruedas, un caballo de silla, para el locator, mas dos caballos para dos obreros, quienes son dueños de sus animales.

Como hay mucha economía en tener obreros inteligentes y listos para el trabajo, ha sido calculado que comerán las mismas cosas que comen los ingenieros, pero que serán servidos aparte. De todos modos uno tendrá que cambiar el presupuesto de víveres en cada sección, y por cada estación del año, y bajo condiciones diferentes, pero ha sido tomada como base la cuenta de víveres en varias regiones, y que sirven, a falta de mejores datos, para cualquiera parte.

Será notado que en el equipo aparece "estufas para calefacción," y el escritor las ha encontrado muy útiles aun en païses cálidos. Sirven no solamente para calentar el aire en una carpa,

mas también para calentar agua, secar la ropa mojada, y secar el interior de una carpa durante el día, para obviar la necesidad de dormir en un lugar que tiene el suelo mojado. Pero en el desierto cálido no son necesarias, así como algunas otras cosas del equipo pueden ser eliminadas, o substituidas, bajo condiciones extraordinarias. Para los animales no estan incluidos las carpas, aunque serían necesarias si la comisión fuera a partes muy frias. Antes de partir para el trabajo el encargado debe estudiar las listas con mucho cuidado, y agregar todo lo que sea absolutamente necesario, y eliminar todo lo que no sea así. Pues no es indicación de ser buen ingeniero salir al campamento sin equipo, ni llevar tanto que se dificulte el movimiento de su caravana.

EQUIPO PARA TRABAJOS TÉCNICOS

Dos teodolitos, con lente erigiente; hilos para estadia, o taquimetria; burbuja de nivel bajo telescopio; circulo para medir angulos verticales; vernier, o nuñez en dos lados opuestos, para leer angulos hasta un minuto; tripodes telescópicos; y no deben ser muy pesados, i.e., menos de cuatro kg. c/u.

Dos niveles entre 50 y 60 cm. de largo; lente erigiente; hilos de cruz solamente; piernas de tripode sólidas; tipo conocido como "Nivel de Y."

Dos cadenas de veinte metros, acero.

Una cinta de cien metros, acero.

Dos cintas, género, con caja, 15 mts.

Dos cintas, género, sin caja, 15 mts.

Doce cintas, género, 5 mts. taquimetria.

Dos banderas, acero, redondo, 17 mm. por 2.5 mts., blanco-rojo alternando.

Dos banderas, madera, punto acero, 3 mts.

Dos estadales, o miras, cuatro mts., dobladizos, o telescópicos.

Seis niveles de mano.

Un clinómetro "Abney."

Un barómetro.

Una brújula de bolsillo.

Un transportador, papel, 30 cm.

Dos transportadores, papel, 15 cm. diam.

Dos hachas de mano, 2 mangos extras.

Cuatro hachas, de 2 kg., mangos extras.

Una botella de cola.

Dos kg. tachuelas, 1 cm. de largo.

Seis botellas de tinta, 2 negra, 1 roja, azul, amarilla, sienna quemada.
Medio litro tinta copiar, en tarro piedra.
Seis libretas teodolito (anotaciones).
Doce libretas nivel (anotaciones).
24 libretas topografia (anotaciones).
Seis blocks papel para cálculos.
12 secantes, 40×50 centímetros.
Un libro cheques para sueldos.
Un block "cuentas de gastos."
Cien hojas papel "libro diario."
Cien hojas papel ministro rayado.
Dos blocks papel de cartas.
Dos blocks papel de notas.
Un rollo 20 metros, papel envolver.
Un kilógramo cáñamo.
Diez metros papel dibujo, 1.00 metro.
Un rollo, tela de calca, 1.00 metro.
Un rollo, papel cuadriculado, perfil, 50×1.0 mtr.
Una regla de acero, un metro.
Dos, grande y chico, triángulos, de 30, 45 y 60 grados.
Una escala triangular, métrica, 1, 2, 3, 4, 5, 6, en los lados.
Seis plumeras.
Dos tinteros, noninvertibles.
Tres cilindros de hojalata, para mapas, 15 por 110 cm.
Un borrador de acero.
Un compas de extensión.
Una piedra moler tinta india.
Una vara para sondear, tres secciones de a tres metros.
Seis docenas chinches.
Una mesa de dibujo completa.
Dos mesas, 1.00×.70 metros, con piernas dobladizas.
Un cajon para planos y papel.
Dos plomadas baratas, extras.
50 metros, cuerda de seda.
Una carretilla hilo de seda, negra.
Una carretilla hilo de seda, roja.
Una máquina de escribir, Corona.
Una caja papel carbon.
200 hojas primeras, papel escribir, 20×27 cm.
1000 hojas segundas, delgadas.
Dos cantimploras para agua.
Una barrica para agua, una arroba.
Una barrica para agua, 10 litros.
Seis machetes.
Cinco metros cada uno, de género blanco, verde, rojo, amarillo.
Una caja bandas de goma.
Un plato de tinta india, dura.
Cinquenta etiquetas encomienda.
Doce lápices negros, carpintero.
24 lápices 2–H.
12 lápices 4–H.
6 lápices 6–H.
6 lápices colores.

Una caja plumas falcon.
Una docena plumas 303. Guillot.
Una docena plumas 404.
Dos pirámides alfileres.
Una caja brochas para papel.
Seis gomas (lápiz).
Dos gomas (tinta).
50 sobres, manila, ordinarios.
50 sobres m/m 10×23 cm.
Un kilog. piedra "Keil" para marcar estacas.
Un rollo, tela, perfil, 20×1.0 mtr.

Equipo Especial

Un juego completo de formularios que usa la empresa en asuntos especiales, como especificaciones, tipos de construccion, e informes extraordinarios. Cada ingeniero debe llevar consigo un estuche de bolsillo conteniendo sus propios instrumentos de dibujo y un libro de referencia general para los trabajos técnicos del ramo con las tablas necesarias, como "Ingeniera de Ferrocarriles."

Equipo del Campamento

Cinco carpas, 4.6×5.20 metros con paredes verticales de 1.20 mt. hecho de lona de 14 onzas con sobre carpas que extienden 30 cm. sobre los lados pero sobre las entradas, frente y trasera, nada.
Para cada carpa, 35 metros cable manila, 1", retenidas; palo de techo extra; cuatro estacas de fierro de ¾ pulg. por 1M., punto y ojal.
Para cada carpa menos cocina una estufa Sibley, si está frio o muy mojada, con caño fierro delgada, 3M.
Tres linternas de vela.
Dos lámparas de poste, altura 30 cm., m/m.
Dos lámparas de reflexion, baratas, comedor de los obreros.
Dos lámparas con quemador luz entera para uso de oficina.
Doce asientos dobladizos de lona, m/m 30×30×40 cm.
6 cubos galvanizadas de 14 litros.
3 palanganas galvanizadas para obreros.
2 palanganas enlozadas, ingenieros.
Dos picos, cuatro palas.
18 catres plegadizos.
Si el terreno está helado, una barreta de 80 cm. con marro de 3 kg., para colocar estacas.
Una caja para herramienta.
Un marro de carpintero.

Una llave inglesa.
Dos destornilladores, uno grande y pequeño.
Un serrucho de mano.
Una lima, triangular, pequeña.
Dos limas planas, mediana y pequeña.
Una caja remaches, cobre.
Un punzon para remaches de cobre.
Un pincers, pequeña.
Un pincers, grande, para herrar.
Doce planchas de hojalata de 40×40 cm., m/m para proteger carpas de chimeneas.
Cuero suave, m/m 30×50 cm.
Una pequeña amoladera con manga.
Un marro de 3.5 kg con mango.
Una dócena vendas, Cruz Roja, de á 5 metros.
Una caja de medicinas, "Burroughs Welcome."
Madera para estacas de línea y campamento si no hay en el trazado.
Dos agujas para coser lona con una cubre palma ó dedal para coser velas, o lona.

Equipo de Cocina

Un reloj despertador.
Una tina redonda, galvanizada, 70 cm. diametro.
10 metros de género para toallas.
Una escobilla de cocina.
Una escoba de barrer.
6 candeleros enlozados.
36 platos enlozados.
36 tasas, medio litro, enlozados.
2 platos para carne, enlozados.
3 platos grandes, legumbres, enlozados.
3 platos grandes, fruta, enloza.
18 platos para sopa, enlozados.
3 tarros para leche, enlozados.
1 cafetera, 10 litros, enlozadas.
1 cafetera ordinario.
Una tetera, 6 litros, enlozadas.
Una coladera para thé.
2 cacerolas budin, enlozadas.
2 cazuelas pequeñas, enlozadas.
3 cazuelas grandes, enlozadas.
2 cucharones, un litro, enloza.
2 cucharones, de dos litros, enlozadas.
6 chimineas extras para lámparas.
Un cajon, de largo, 10 cm. menos que el ancho del interior del carro; de ancho, 90 cm.; de altura 70 cm. con tapa falsa para tabla de masa. (Para contener cubiertos de mesa, etc.).
3 sartenes, fierro, grande.
2 sartenes, fierro, chico.
3 graseras, m/m 30×50 cm. de tal tamaño que talescopeen una en la otra, de fierro delgado.
2 tarteras para pan.
Tapas necesarias para cacerolas y cazuelas.
Un molino para moler café.

Un tamiz para harina.
Un rodillero pastelero.
4 saleras ordinarias.
Un amasador de papas, o patatas.
Un batidor de huevos.
Un barril grande, agua, si es necesario.
Un serrucho de carnicero.
Dos mesas, 1.20×3 M; una mesa 1M×2M, cocinero.
4 tablones, 3×0.05×0.3 metros, asientos.
36 cucharas ordinarias.
36 cucharas para sopa.
36 cuchillos de mesa, mango metal.
36 tenedores de mesa, mango metal.
Un rallo para nuez moscada.
Dos cuchillos de carnicero.
Cuchillo, tenedor, y acero de afilar, para trinchar.
Tela mosquetera, si hay insectos.
Una estufa, ó cocina, para cocinar, parilla de fierro colado, cuerpo de acero remachado, con horno, y calentador de agua en interior, sin pies, sino montado sobre cuatro ú ocho ladrillos.
Un cuchillo redondo para picar carne.
Dos abridores de lata; dos tirabuzones.
Encerado, 10×1.2 metros, cubrir mesas.
3 kilos clavos de cico cm.; 10 metros lona.
2 kilos clavos cabeza grande para tacos.

Instrumentos para emparejar cascos, o uñas, de los caballos. Herraduras extras para caballas de propiedad. Cada empleado debe traer sus cobijas ó mantas; toallas; articulos de toilet; y los cambios de ropa necesarios. Para su propio confort y aseo debe traer una lona de dos metros por cuatro metros, con ojales a cinco centímetros de la márgen, y puesto en cada treinta ó cuarenta centimetros en todo el perímetro, bastante grande para meter una soga ó cordon de cinco milímetros de diámetro. Este es para proteger las mantas del polvo, y el cuerpo de la humedad. Tambien puede ser guardada mucho parte de la ropa de trabajo en un saco que sirve como almohada, guardado adentro de la lona. Cuando muevan el campamento, se hace un rollo de las mantas, envuelto en la lona, y puede ser cargado en los carros sin peligro de ensuciarlas por contacto con la cocina, las estufas, petroleo ú otras cosas que suelen estar manchadas.

Cada uno llevará su equipaje pero no deben olvidar que cuesta mucho tiempo y dinero fletar el campamento, y generalmente es limitado el equipaje que puede llevar cada uno á lo que es

estrictamente necesario. Baúles de ninguna especie no son para campamentos. Teniendo el saco y almohada, y lona, en la cúal es fácil acomodar un abrigo o sobretodo, un poncho de hule para la lluvia, camisas de trabajo, etc., uno puede poner todo lo necesario en una maleta que no pesa mas que veinte cinco kilogs. Dos o tres pares de zapatos y bastantes calzoncillos y ropa interior serán apreciados, especialmente despues de un dia de lluvias en el campo. Si estan trabajando en las trópicas o en lúgares en donde hay grandes cambios de temperatura, es bueno poner una faja de franela sobre el abdomen o siempre usar un chaleco bien ajustado, para no enfermarse. El color "khaki" es mejor para la ropa de campaña porque los rayos violetas, que hacen tanto daño, no lo pasan. En las trópicas especialmente, es lo mas apropiado. Tampoco no se mancha con facilidad, y puede ser lavado.

Los ingenieros siempre deben usar guantes, aun si son de la clase mas ordinaria, porque así quedan mas blandas las manos, y todos tienen que trabajar en los planos ó perfiles, y escribir informes, lo cual pu den hacer mejor si cuidan sus manos. Porsupuesto, no es obligatorio que nadie proteja su salud ni sus manos pero siempre es conveniente. Generalmente un empleado lleva tijeras de peluquero, para cortar el pelo, y cada uno lleva sus navajas de afeitar. La antigua idea que ingenieros en el campo andan con pelo largo, barba, y vestidos en traje de los medio-salvajes ha desaparecido. Para hacer buen trabajo, y para estar contentos, lejos de la familia y la vida acostumbrada, es menester que guarden el respeto de uno y otro, lo cuál es difícil si no se viste propiamente y cuidan el aseo del campamento. Cada uno debe llevar las cosas necesarias para cumplir con esta idea.

VÍVERES PARA UN MES

17 Hombres

(Esto se cambia segun las condiciones y costumbres. Quitando una cosa se pone otra). Fruta evaporada, manzana, durazno, ciruela, corinto, 35 kilógramos. Pasas, dos kilos. Fruta en conserva, 35 kilógramos. Conserva de maiz, guisante, ó chicharo, tomate, 60 kilos.

Pementon 0.5 kilógramo.
Pimienta negra 0.6 kilógramo.
Sal, 10.0 kilógramo.
Salsa inglesa, dos botellas.
Mostasa inglesa, 0.5 kilo.
Salsa de tomate, tres botellas.
Vinagre, quince litros.
Nuez moscada, 40 gramos.
Pepinos en escabeche, 4 litros.
Tocino magro, 22 kilógramos.
Tocino salada, 1 kilógramo.
Carne fresca, 200 kilógramos.
Tasajo ó charque, 14 kiló.
Jamon, 70 kilógramos.
Bacalao seco, 10 kilógramos.
Salmon en lata, 2 kilógramos.
Levadura Royal, 0.5 kiló.
Manteca, 20 kilógramos.
Mantequilla, 10 kilógramos.
Queso, 15 kilógramos.
Huevos, todo lo disponible.
Leche fresca disponible.
Leche condensada, 20 kiló.
Velas, 16 kilógramos.
Petróleo, 20 litros.
Fósforos, 1 kilógramo.
Café tostado, 20 kilógramos.
Thé, 3 kilógramos.
Galletas, 5 kilógramos.
Harina de trigo, 200 kiló.
Harina de maiz, 30 kilógramos.
Mote de trigo, 2 kilógramos.
Mechas para lámparas.
Miel en lata, 1 kilógramo.
Melado de caña, 20 litros.
Azúcar, 50 kilógramos.
Extracto de limon, 0.25 kiló.
Extracto vanilla, 0.25 kiló.
Chuño, maizena, 2 kilógramos.
Tapioca, 2 kilógramos.
Sémola, 3 kilógramos.
Farina, 2 kilógramos.
Quaker Oats, 16 kilógramos (Avena).
Papa, patata, 220 kilógramos.
Frejoles, 40 kilógramos.
Nabos, 10 kilógramos.
Cebollas, 30 kilógramos.
Arroz, 22 kilógramos.
Jabon para ropa, 18 kiló.

No ha sido incluido nada de licores ni tabaco, porque depende tanto de las costumbres en los varios paises. Por lo general es bueno tener en campamento una cantidad pequeña de cognac para usar en caso de una herida grave, un resfriado, o una fatiga extraordinaria, pero todos los licores existentes deben estar al cuidado del encargado. Un solo hombre que toma demasiado

licores fuertes facilmente puede arruinar la organizacion y costar mucho dinero a la empresa para enviar otra comision, ademas de dañar mucho las reputaciones de los demas compañeros. Si un hombre no puede existir sin alcohol es bueno que no se vaya al campamento, y el primer caso de embriaguez debe ser castigado con la separacion del hombre de su puesto inmediatamente. Es conveniente decir aquí que el gobierno de una comision en campamento es mas militar que el de los militares. Cuesta alrededor de $50, o sea diez libras, por dia; por lo general; si fracasa, y no cumple debidamente con su cometida, puede hacer costar mucho mas a la empresa constructora, ademas de hacer a los miembros perder una parte de su reputacion. El ultimo porque no hay manera de explicar porqué no ha tenido éxito una comision. Estando afuera de toda comunicacion directa con sus jefes, tienen derecho de separar o emplear sus ayudantes, tienen dinero para comprar lo necesario, é instrucciones detalladas. Parece que no hay manera de disculparse. Ningun hombre dira que "por ser desagradable la tarea no la he terminado," y ninguno quiere correr el peligro de fracaso solomente por dejar a álguien tener licores en su carpa. El tabaco que usan los miembros de la comision es suministrado por ellos mismos, pero los que estan acostumbrados al uso de tabaco, sienten mucho la falta si por algo no lo tienen. Probablemente cinco kilógramos seria bastante para un mes, para diezysiete hombres, y por lo menos la bodega debe tener dos ó tres kilos, bien protegido en latas que excluyen el aire y agua. No deben abrirlas si hay tobaco seco y servible aparte.

Tampoco no ha sido incluida yerba mate en la lista, pero en varios paises es tan necesaria como cualquiera otra cosa; y puede reemplazar a algunas artículos notados. La lista dada no es una regla invariable. Probablemente cambiaria cada mes despues de haber empezado el trabajo, debido a la dificultad de obtener una cosa y la facilidad de obtener otra. Pueda ser que no hay carne fresca, y en tal caso será aumentada la cantidad de charqui. La leche condensada no se usa sino cuando no hay fresca.

Es importante notar que los artículos dados pesan unos 1300 kilógramos, y que la mitad de ésto es carne fresca, harina, y papas. Solomente para esta carga es necesario tener una carro de bueyes, es decir, para 1300 kilógramos. La gran economia en hacer las compras de los víveres a lo largo de la línea es muy

clara. Por lo ménos uno debe arreglar depositos con un campesino, o en puntos elegidos, para poder mover la mitad de los víveres algun dia que no se mueva el campamento. No es necesario ésto si se pueden hacer las compras cada semana, y llevar animals para abastecer la carne fresca. Es difícil comprar algunas cosas en las cantidades deseadas, y no es probable que el peso bruto pueda ser determinado, siempre, de antemano. El tamaño y peso de cada bulto es importante, y especialmente si hay necesidad de carguío por animales u hombres. Si son buenos los caminos, y puentes para cruzar todos los arroyos, y carros disponibles para llevar la impedimenta, entonces no es necesario tanto cuidado en el peso de cada bulto. No siendo así entonces es bueno tomar en cuenta que las cargas siguientes deben ser dividas en dos bultos de peso igual, y que el peso total llevado por un

Llama, es	46 kilogramos	12–20 kilometros por día
Hombre Burro chico	46 kilogramos	20–30 kilometros por día segun camino
Burro grande	68 kilogramos	20–30 kilometros por día segun camino
Mula	140 kilogramos	20–40 kilometros por día segun camino

Hay hombres especiales que llevan hasta cien kilógramos, sobre veredas muy difíciles, pero son raros. Especialmente en Mexico el "cargador" hace tareas sorprendentes, pero uno no puede contar con encontrar esta gente, porque están siemper ocupados.

Un carro de seis bueyes ordinarios lleva mas o menos 1400 kilógramcs en Uruguay y Sur del Brazil, y andan treinta kilometros en 24 horas, y en Argentina sube hasta 2000 kilogramos, hasta 30 kilometros en 24 horas, porque los terrenos son planos. "En Bolivia y Chile un carro con seis mulas lleva hasta 2300 kilogramos sobre caminos regulares, pero tienen que poner doce mulas, y a veces, mas, para subir las cuestas mas difíciles. Siendo buenos los caminos, van de Challápata hasta Catavi, cien kilometros, en tres días. En Bolivia el llama cuesta mas o menos dos bolivianos para llevar 46 kilogramos cien kilometros, y hace el viaje en cinco a seis días." *

Además de ser empaquetado de acuerdo con los medios de transporte, hay que estar seguro que no serán mojados los víveres. Si una parte del viaje es por canoa o caravelas, los paquetes que merecen cuidado especial son envueltos en encerado.

* Anotacion de Durward Copeland, Ingo. de Minas.

Los artículos antes mencionados serían los que se necesitan solamente bajo una condicion especial. Si uno lleva la lista completa, así como está, por lo menos tendrá lo necesario para que coman bien durante un mes los diez y siete hombres, pero si los obreros son Indios del interior no conviene ni a ellos ni a la empresa darles estos artículos, y sería cambiada la lista, por ejemplo, tomándola así como está pero para dos meses, para las ingenieros, y agregando los víveres de costumbre para dar a los obreros durante los dos meses.

Si son muy costosos los duraznos evaporados y relativamente baratas las manzanas o ciruelas, entonces se puede rebajar la cantidad de uno y aumentar la otra.

Hay algunas cosas que no son apetitosa solas y deben ser servidas con otras, por ejemplo de servir a fruta y arroz separados resulta el consumo de mucha fruta y poco arroz, poco alimenticio, y costoso. Mejor es dar instrucciones al cocinero que prepare budin de arroz con leche, canela y ciruelas o duraznos secos; haciendo pan o cake con pasas, y tomate cocido con pan seco que no puede ser comido sola, por ser muy duro. Tocino y jamon van bien con los huevos, y tocino salado con frejoles. Si el cocinero no hace pan en el campamento entonces es necesario menos Royal y levadura y menos harina de trigo. Siempre será menester tenerlos para pasteles y otras cosas, pero en menor cantidad. Mas galletas seran necesarios.

Si usan poca mantequilla es bueno aumentar el queso, y si abundan ciertos artículos en el campo, como legumbres, frutas, aves, y leche, entonces viveres semejantes puedan ser disminuidos. Siempre la idea es comer bien, porque los empleados lo merecen, mas tambien de una manera económica en la cocina y en cuestion de carga para transportar. Puede resultar una economia, por ejemplo, en comer muchas papas, porque los campos las producen, y poco arroz porque viene de lejos y es costoso, ó al contrario. Como entran tantas condiciones, no es posible dar una lista exacta de lo que comen un número dado de personas, pero una lista aproximadamente correcta, si es posible preparer.

Forraje para Animales.

En lugares frios, como Argentina, Chile, y en paises montañosos, si no hay pasto, es necesario tener para cada caballo ordinario:

Avena, o maiz en grano..	125 kilógramos por mes
Heno....................	180 kilógramos por mes
Sal.....................	5 kilógramos por mes

En los Estados Unidos los caballos son muy grandes, trabajan todos los dias iguales, y estan acostumbrados a comer casi el doble de las cantidades mencionadas. Sin embargo, si se trata de caballos pequeños que tienen oportunidad para descansar, entonces la lista dada será muy cerca del lo que necesitarán. Ha sido aprobado por un alto oficial del ejército Chileno, tambien por un veterenario muy conocido en el Uruguay.

Los animales necesitan cuidado y para asegurarse de que lo tienen es mejor emplear carretoneros dueños de sus animales, especialmente si estan trabajando en una localidad donde pueden ser substituidos si es necesario. Pero si van lejos de poblaciones ó dehesas grandes y la separacion del dueño y los animales seria causa de atraso del trabajo, entonces la comision debe tener sus propios animales. De todos modos es bueno tener algunas medicinas para ellos y llevarlas ya preparadas por un veterinario, para usarlas en caso dado, con las instrucciones correspondientes Sufren especialmente los animales debido al cambio de agua y pasto, y necesitan diuréticos y la prevencion de estreñimientos. Deben comer segun las reglas siguientes:

1. Temprano en la mañana el caballo puede tomar tanta agua como quiera, y media hora despues, un kilo de grano de maiz, empapado en agua salada.

2. A medio dia, agua, y media hora despues un kilo de maiz que haya estado en agua salada durante veinticuatro horas.

3. En la tarde el agua que desea, habiendo oportunidad.

4. En la noche, agua, media hora despues, un kilo de maiz salado.

5. Siempre deben tener un pedazo de sal sólida en la pesebra.

6. Siempre deben beber antes de comer.

7. Nunce deben comer antes de beber, y siempre los caballos deben descansar media hora entre beber y comer.

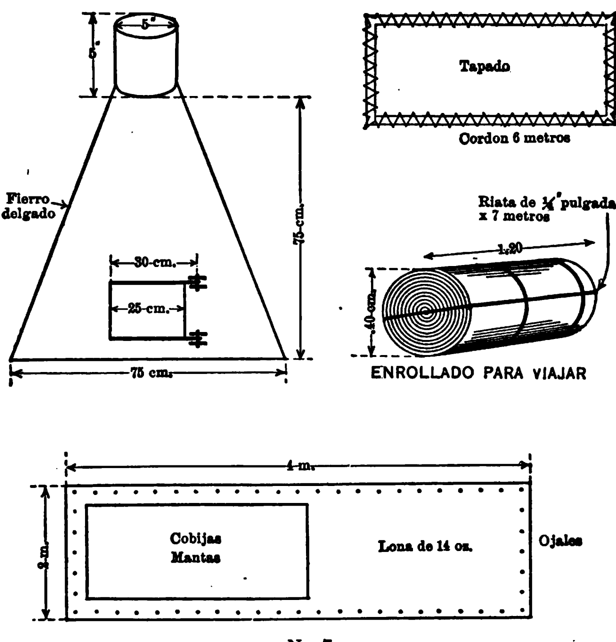
8. Los caballos que trabajan deben comer maiz, ú otro grano igual para ellos.

9. Si no trabajan pueden comer un kilo de avena en la mañana y otro en la noche, con pasto durante el dia, y nada de maiz.

10. Si dan afrecho ó salvado a los caballos es bueno darles

medio kilo de avena, o medio kilo de maiz tambien, cada vez que comen. Afrecho solo no es buen comestible.

11. Pueden comer el pasto o heno que quieran, siempre que no sea alfalfa verde o algo nueva a lo cuál no estan acustumbrados. Es necesario cuidar mucho a los caballos porque no saben cuando han comido bastante. Se les hinchan los pies y despean los cascos si comen demasiado. Si pasa ésto, por desgracia, el animal debe estar estacionado en un charco lodoso para ablandisar los cascos, pues de otro modo los pierde y el animal no valdrá nada. Por el contrario, los mulares jamas comen demasiado, y no corren este peligro. Antes de salir a un viaje largo, los animales deben ser revisados por un veterinario, y los inservibles o débiles, retirados.



No. 7.

CAPITULO V

EL ANTE PROYECTO. O ESTUDIO PRELIMINAR

Despues de haber terminado el reconocimiento para ruta, obteniendo todos los datos que sea posible por medio de revistas oculares en el campo y el estudio de mapas, todavia no está bien determinada la ruta definitiva,.ó el trazo, del ferrocarril. El reconocimiento es un estudio de un área grande mientras que el trazo preliminar es para elegir la ruta fija dentro del area reconocida.

Para determinar esta ruta definitiva es necesario hacer los estudios preliminares, y despues de la comparacion de los anteproyectos, elegir la linea que será construida.

Los anteproyectos son de dos clases, en general. Una clase se puede llamar "estudios para construccion," y la otra "estudios para concesion." Muchas veces la última clase es una combinacion de reconocimiento y estudio preliminar, hecho cuando no saben todavia si obtendrán la concession o no, y mas bien para cumplir con las leyes que suelen obligar á uno hacer estudios en tiempo determinado para indicar si es factible la construccion bajo condiciones dadas, la ruta general que seguirá la linea, y el costo aproximado del ferrocarril proyectado. Siempre deben ser mas bien altos que bajos los presupuestos resultando de tales estudios, y los mismos estudios se hacen de la manera mas barata que sea posible para que la empresa no tenga que invertir mucho dinero antes de saber si obtendrán la concesion y si es que habrá ganancia si construyen la linea. La primera clase de estudios se hace cuando ya saben que construirá la linea y desean saber exactamente el terreno que es necesario comprar, las cantidades de cada clase de trabajo para los que pueden entrar en contratos, y las condiciones tecnicas para elijir debidamente el equipo. Trataremos primero de los "estudios para construccion," porque la segunda clase is igual en general sino comprimido en menor tiempo, gastos y menos detalles. Cada miembro de la comision tiene ciertas

deberes que le pertenecen personalmente, pero á veces uno no puede, ya sea por una causa, ya sea por otra, cumplir con su cometido. Entonces el trabajo extra cae en los hombros de los demas de la comision. Si es que cada miembro está obligado a ayudar, seria necesario insistir en que todos los miembros sean de mucha práctica, aptos para llenar cualquier puesto. Siendo de tanta práctica todos, quiere decir que debe recibir tanto sueldo un nivelador como el primer ayudante, y que no habria lugar para los jovenes a obtener experiencia ninguna. Por lo tanto, es costumbre escalonar los sueldos segun el puesto é insistir solamente, en que cada uno haya tenido bastante práctica en todos los puestos inferiores.

Un nivelador, para llenar bien su puesto, debe saber detalladamente, y de práctica, el trabajo del cadenero y del portamira; tiene que saber dibujar bastante bien para hacer los perfiles; entender bastante de topografia para poder tomar los datos y trazar en el libro correspondiente las curvas de nivel, asi como estar al tanto de los demas deberes del topógrafo. Puede correr niveles, como dicen, sin haber tomado datos de topografia, pero nunca debe ocupar puesto mas alto que nivelador hasta que haya sido topógrafo. Tampoco debe ser admitido el ascenso del dibujante hasta que haya sido nivelador. El dibujante debe entender el trabajo de los subalternos en el campo, y a veces salir para asistir en tomar los datos de topografia ó hacer notas generales, para que visualize el terreno que demuestra el mapa.

Cuando uno ha desempeñado todos los puestos subalternos, entonces puede ser candidato para puesto de primer ayudante, pero antes, no; y tener un Locator, o jefe de comision, sin practica en los demas puestos, seria bastante serio para la empresa. Todos los ingenieros que desean ser Locatores hacen esfuerzo continuamente para mejorar su juicio en lo que se refiere a las inclinaciones de terreno natural. Algunos creen que uno nace con un "buen ojo para topografia" y efectivamente, hay personas que equivocan muy poco en esta materia, o aun en las direcciones cardinales, la posicion del sol, o la hora del dia, pero no es un don comun. Sin embargo, si uno sabe que, siempre cuando se mira hacia abajo la inclinacion del terreno parece ser diez grados mas de la que es, y siempre cuando se mira hacia arriba, la inclinacion aparente es diez grados menos que la actual, entonces puede estar tan seguro de su juicio como

uno que casi nunca se equivoca, si se hace la correccion debida.

Los deberes de los diferentes miembros de la comision varia algo segun la clase de estudios que hacen, pero en general son como sigue;

El Locator es el encargado de la comision, debe tener, y generalmente tiene, amplios poderes para separar cualquier miembro sin discusion ninguna. De él depende el éxito de todos. Si manda trazar muchas lineas de valde, que tienen, cuando mucho, nada mas que un valor negativo, temiendo que no es posible encontrar la linea deseada sin plantar estacas sobre todos los campos, resultará sumamente costoso el estudio. Si no sabe precisamente lo que quiere obtener y lo que tiene que hacer cada uno para obtenerla, se pierde, primero, la confianza de la comision; segundo, el rumbo del trazo; tercera, su reputacion, y cuarto, su puesto. No puede entender sus problemas sin mucha práctica y buen juicio, pero entender sus problemas no es todo, mas hay que buscar la solucion. Hay muchos que pretenden resolverlas antes de entenderlas, y no faltan los que las entienden y a pesar de la ciencia que poseen no las pueden resolver. El trazo de un ferrocarril es un arte, ayudado por la ciencia sí, en todos puntos, pero con ciencia solo no se puede trazarlos en debida forma. El Locator, entonces, empieza por ser artista, es decir, tiene imaginacion, y divisando, explorando, y escudriñando el terreno, lleva en su mente el mapá en relieve del area entre los puntos gobernantes. Es necesario que indique al primer ayudante el trazo que seguirá para conectar los puntos por la línea mas directa, con suaves curvas, pendientes mínimas, y al menor costo. Aunque están en flor las plantas, y es un dia de mucho sol, tiene que imaginar el invierno con los aguaceros ó nevadas, y poner el trazo donde no será tapado, ni sus puentes arrastrados por los corrientes, pero siempre con el menor gasto. Enseñar a uno imaginar es imposibile. Decir que es necesario tener el sentido tiene cabida, y cuando se elige a un locator hay que buscar uno que posea esa facultad. Es por falta de ésta que muchos ingenieros bastante científicos llegan á ser ayudantes primeros pero nunca dejan el puesto por otro mas alto, en los trazos. En construccion, sí, pueden subir mas, pero si el primer ayudante no puede cerrar sus ojos y en su mente ver la locomotora suavamente faldeando los cerros y cruzando los arroyos; pasando por los cortes con la tierra y roca tirada a un

lado, para parar en una estacion imaginaria, sin atraso, sin ejes calentados, ni baja presion de vapor; y é imaginar la línea entre las rocas y bosques del terreno, entónces ya no debe seguir en estudios preliminares con la esperanza de ser un buen Locator ó Ingeniero de Reconocimientos.

Ademas de tener imaginacion y práctica en los trabajos científicos y técnicos de su ramo, el Locator necesita la calidad no muy usual, de poder gobernar á otros sin enajenar su respeto y amistad. Es necesario que sepa que comen y duermen bien, que mantengan su salud, y que estén contentos todos sus compañeros. Fácil es encontrar hombres que no teman al trabajo ni a las peripecias de la vida en campamento pero es muy dificil tenerlos contentos si no son tratados con justicia. El Locator no puede ser buen juez si no ha tenido práctica en los puestos inferiores.

Cuando estan actualmente ocupados en los trabajos el Locator anda, generalmente, adelante de la comision bastante distancia para que conozca bien el terreno hasta el próximo punto gobernante. Cada noche debe dar al primer ayudante un croquis de la linea que trazará el dia suguiente, y esta croquis debe ser bien claro. Ademas debe ser accompañado por las instrucciones correspondientes, las cuales habrian sido escrito en un libro con papel carbon de copiar, para que no haya posibilidad de tener discusiones despues sobre el contenido de las instrucciones. Toda instruccion importante debe ser escrito en el libro de copias. Si la croquis no es bien claro entonces el primer ayudante perderia mucho del tiempo de la comision entera pretendiendo encontrar en el terreno la linea deseada. Si el Locator lleva una brújula y buenos gemelos puede clavar estacas largas con una bandera en cada una, hecha de genero de un color vivo, anotando los rumbos entre ellas para que las encuentren facilmente. A veces va con el Locátor un peon inteligente que vuelve a trabajar con la comision siempre yendo adelante en busca de las banderas que el mismo ha puesto. Ademas de los rumbos entre las banderas el Locátor indicará otros puntos que fijan la linea. Si sabe el ángulo entre las lineas debe indicar el radio de curva que pondrá la comision, o que será proyectado en los planos para que el topografo tome datos mas detallados cerca de la curva propuesta. Si la linea propuesta pasa por un arbol, ó peñasco, casa, ó rincon de cercas, debe ser anotado, para facilitar lo mas posible el trabajo de sus ayudantes.

Cuando ha explorado y estudiado el terreno bastante para conocerlo bien hasta el proximo punto gobernante, entonces vuelva andar con la comision para revisar el trabajo que está haciendo cada uno, asi asegurandose que va bien todo. Cualquier error encontrado debe ser corregido en el acto. Una persona que oculta un error intencionalmente debe ser seperado tan pronto como sea posible. Esto no quiere decir que los que cometan errores no pueden quedarse, pues en este mundo no hay ingenieros infalibles, pero cometer un error, y ocultarlo, sabiendo que ha sido cometido son dos cosas muy distintas. Si el Locátor yerra cualquier miembro de la comision que lo sepa debe avisarle, asi como deben avisar de errores cometidos por cualquier otro miembro de la comision. Los avisos de errores por supuesto, serian dados a la persona que ha faltado para que él mismo pueda indicarle al encargado, lo cuál haria cualquier buen ingeniero sin vacilacion ninguna, La ingenieria, pues consiste en tratar a las cosas como son, y no como dicen que son, si existe diferencia.

Cuando el Locátor está con el primer ayudante puede dirigirle para que no pierda tiempo buscando la linea. El perfil de la linea debe estar siempre con el Locator mientras que anda con la comision, y, teniendo la oportunidad, se puede revisar el trazo preliminar, tomando nota de las posibilidades de disminuir los cortes y terraplenes y del porcentage probable de roca, ó materiales duros, para el presupuesto; notas de la aberturas necesarias, y cualquier otro dato que le sea importante. Esto no quiere decir que las personas que tienen esta clase de trabajo a su cargo pueden descuidarlo. Al contrario, quiere decir que si no lo hacen en la forma debida, los errores pueden ser descubiertos por otro miembro de la comision, para asi eliminar errores, pero siempre con el desagrado correspondiente. Cada hombre tiene cierto orgullo en lo que produce su esfuerzo, y un jefe de comision que no está tan dispuesto apreciar el buen trabajo, como a criticar el malo, no puede tener el exito que desea.

Cuando está con la comision el encargado, será fácil hacer el perfil mientras que esperan á los demas de la comision. Un buen nivelador nunca está muy atras del tránsito, o teodolito, como suelen llamarlo, si no es muy quebrado el terreno, y el encagado puede saber como anda el trazo, y hacer los cambioe correspondientes inmediatamente, en vez de esperar el rechazs

de una linea despues de haber tomado la topografia y concluido el mapa.

Cada noche el encargado tiene que marcar las pendientes en el perfil de la linea del mismo dia. Sabe entonces, si es posible seguir con ese trazo ó si tiene que abadonarlo. Si está aceptada, al dia siguiente la comision sigue los estudios y el encargado revisa la linea proyectada por el dibujante, y si es necesario, proyecta otra, dejando la linea proyectada un solo dia atras de los estudios en el campo. Ya estando proyectada la linea el dibujante puede hacer el perfil del proyecto y el encargado rectificar las pendientes puestas provisionalmente.

Todos los informes del trabajo, ya sean tecnicos, ya sean de otra naturaleza, son escritos, ó firmados, por el Locátor. Segun las indicaciones del jefe, mueven y colocan el campamento, y estando en el campamento cualquier asunto sobre lo cual no existen instrucciones, tiene que ser presentado á él. Un punto de mucha importancia es que nadie puede dar instrucciones de ninguna clase al cocinero, con la excepcion del encargado del campàmento, sea el Locator ó el primer ayudante, y preferiblemente el primer ayudante, porque el está en campamento todos los dias. Como el Locator viaja por todos partes del territorio en la zona próxima al ferrocarril propuesto, está en mejor posicion que los demas de la comision para tomar datos de los productos del terreno. Toma nota de la direccion magnética hacia las casas de las haciendas ú otros puntos importantes en el territorio y hace notar que entre tales y cuales puntos se cultiva tanto porciento del terreno, que produce tanto trigo, ó maiz, ó lo que sea, por hectarea, ó que está cubierto de pasto de cierta calidad, ó bosques, pequeñas ó grandes segun la indicacion debida. Si hay mesones ó pulperias, ó casas de comercio por donde pasa en sus viajes, debe preguntar á los propietarios el número de viajeros que pasan, y la carga, y la direccion y clase de la carga. Con semejantes datos pueden aumentar la informacion obtenida por el ingeniero que hizo el reconocimiento y mejor determinar la situacion de las estaciones. Si hay personas que tienen bosques y producen madera para durmientes ó para otros usos en construccion debe obtener precios, con datos de calidad y cantidad para usar en los presupuestos de construccion y conservacion. Cualquier dato que ha buscado el Ingeniero de Reconocimiento debe ser estudiado y aumentado, y corregido,

si es necesario, por el encargado del trazo, pero con mucho mas detalles.

En construccion será necesario usar cal, arena, madera, agua, piedra, y animales de trabajo, forrage para los animales y víveres para los obreros. Tambien será necesario tener obreros y si está nuevo el territorio es bueno averiguar el numero de obreros disponibles para el trabajo y si se puede contar con tenerlos durante el periodo de las cosechas, o esquilas, ó de los rodeos. Si hay lugares donde son disponibles las cosas necesarias para construir la linea, deben ser anotados en los mapas, y en los informes, y muy especialmente en el libro diario que lleva al corriente en forma narrativa, en el campamento. Dando los datos de las canteras, caleras, arenales, y pozos, y marcando los caminos en los planos pueden influir mucho en los precios que ofrecen los contratistas, porque no pueden cotizar precios bajos sin estár seguro de tener a mano los materiales necesarios. Si creen que cal tendrá que ser importada, y la arena lavada á mano en un punto distante de la obra, cotizarán precios altos, pero despues, encontrándolas al lado, no harán rebaja ninguna, asi aumentando el costo a la empresa sin beneficio correspondiente, y solamente por falta de cuidado del encargado del trazo. Ningun contratista bueno pretende ganar demasiado con sus obras, temiendo la competencia, pero es necesario que gane, y faltando datos, está obligado suponer que no existen las materiales en el sitio y que serán importadas. En fin, el Locator tiene á su cargo tanto que solomente puede cumplir con su cometido cuando tiene el apoyo y obediencia absoluta de toda la comision, y si le falta uno las dificultades aumentan rapidamente. La empresa que obtiene los servicios de un buen ingeniero de trazos no debe soltarle. Si no hay lineas para trazar, por lo pronto, puede ponerle en un puesto donde se puede estudiar mejoras en la linea existente ó revisar los trazos hechos por otros. El Ingeniero en Jefe de uno de los ferrocarriles mas grandes de los Estados Unidos dijo que no debe ser construida ninguna linea nueva hasta que dos ingenieros de trazo la hayan aprobado. Esto quiere decir solomente que dos cabezas siempre son mejores que una y no que una de las dos no merece confianza. Lo que se busca es la mejor idea, o el mejor proyecto, presentado hoy por uno pero mañana se puede ocurrir otro.

Si la empresa tiene esperanzas en crecer seria una lastima separar un buen ingeniero de trazo por falta de trabajo en estudios

nuevos. Nadie mejor que él puede conocer la linea y encargarse de la construccion. Si es posible aventajarse de sus servicios en conservacion, pues tanto mejor, y cada año que está con la empresa mejor conoce sus necesidades, sus problemas de mover tráfico por las varias lineas y con el equipo variado.

Indudablemente es el puesto mas dificil de llenar en el departamento de Ingenieros y raro es que el que llena bien el puesto percibe de las remuneraciones que merece. Cierto es que uno que no ha sido Locator no debe ser el Jefe de Ingenieros y pueda ser que las oportunidades que ofrece el porvenir les animan a seguir el camino. Los sueldos moderados que reciben no es debido a la falta de reconocimiento de sus aptitudes y servicios por parte de los otros ingenieros. Es mas bien porque los encargados de ferrocarriles, los administradores, gerentes, ó directores, son hombres del comercio o negocios que no comprenden las múltiples quehaceres que tiene, y la responsibilidad que le han confiado.

Facil es una equivocacion por parte de un ingeniero joven, como, por ejemplo, la introduccion de un pendiente muy pronunciada en medio de un trazo, bueno en lo demas, que acortará en la mitad el peso que mueva cada tren de carga durante la vida entera de la empresa. Otro que posee el *arte* de encontrar el trazo y la ciencia para desarrollarlo puede hacer costar un poco mas el estudio para ahorrar en construccion, y, despues de ser criticado severamente por el costo de los planos salvar á la empresa de la bancarota durante el primer periodo de poco tráfico. Es dificil para la empresa saber quien resultará bueno como Locator, y si los emplean y separan cada vez que desean trazar una linea nueva, nunca pueden prestar la confianza necesaria al Locator que el necesita para obtener el mejor éxito.

El Primer Ayudante, siempre durante al ausencia del Locator, es el encargado de la comision y debe ser respetado como tal. A veces, aun, el jefe deja a el casi todos los detalles del trabajo en la linea. Como tiene que desempeñar el puesto mas importante debe ser el hombre mas bien preparado entre todos los miembros de la comisión. No deben creer que por el solo hecho de poder manejar un teodolito uno merece la autoridad del ayudante que lo maneja. Cierto es que uno de los deberes principales del segundo de la comision es atender y manejar este instrumento porque es el mas importante de todos y el mas

dificil de usar debidamente, pero el lo usa por las razones dadas, mas porque va adelante donde él tambien tiene que ir.

Ademas de reemplazar el Locator cuando está afuera el jefe, tiene sus deberes especiales. Debe levantarse muy temprano y asegurarse que tiene las instrucciones y datos necesarios para la tarea del dia. Dirá al carretonero ó cocinero en qué punto de la linea almorzarán, habiendo dado las instrucciones la noche anterior referente al número de almuerzos que seran preparados, dira al primer cadenero el numero de estacas que llevarán, y si será necesario herramienta extra de cualquiera clase; al topógrafo y nivelador las indicaciones necesarias; y debe asegurarse que nadie ha olvidado las cosas que debe llevar.

Por lo menos debe estar preparado para salir antes de los demas y dar la orden al carretonero para marchar.

En el campo, o sea en los trabajos del estudio propio de la linea el primer ayudante, entre otras cosas, toma nota de cada curso, o parte de linea, y el angulo, medido en cada punto, las estaciones ocupadas por el instrumento; el rumbo de cada camino, curso de agua, lindero de propiedad que cruza la linea, con la estacion de la interseccion; da linea á los cadeneros y obreros que abrén la brecha; anota la direccion magnética a las casas ú otros puntos importantes desde puntos ocupados; la clasificacion del terreno, y vegetacion, y cualquier dato que seria interesante para mejor determinar el costo de construccion u oportunidad para mejorar el trazo.

Siempre debe tener mucho cuidado que ningun miembro de la comision no destruya propiedad ni hacen daño a las plantaciones. Si hacen daños cualquieros es mejor arreglarlo de una vez y no tener pleitos ni disgustos. La comision de ingenieros es el primer grupo que representan a la empresa que son conocidos por la gente de la region y a veces los habitantes forman sus impresiones de la empresa por la actitud de los ingenieros. Por esto, y por otras razones, la comision debe tener mucho cuidado para dejar tras ellos un buen nombre. Especialmente importante es la reputacion de ellos a el que compra el derecho de via. El primer ayudante como todos los instrumenteros y topógrafos deben indicar en la primera pagina de cada libro el nombre de la linea que estudian, nombre de ellos, y del jefe de la comision, la fecha en que empezaron a tomar las notas, y la fecha de concluirlas. Cada dia indicarán en la hoja debida que empezaron en ese lugar. No está demas indicar las horas trabajadas

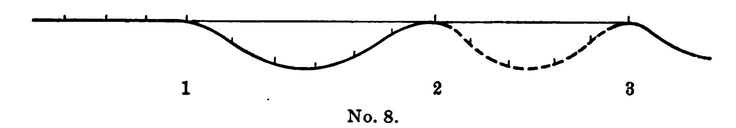
durante el dia, las horas gastadas en viajar, si hay sol, lluvia, nubes, o viento. Todos los datos son de interes y uno no puede anotar demasiado si tiene un poco de juicio. Mientras que el primer ayudante debe tener muchos datos aparte de lo que se refiere a línea precisamente, no debe olvidar que su primer deber es estar en posicion para dar linea a los cadeneros sin detenerles ni un segundo. Está en una posicion para demorar ó adelantar mucho el trabajo hecho por la comision y las horas trabajadas en la linea son bastante pocas de todas maneras.

No debe olvidar que mientras que estan caminando los cadeneros esta saliendo el producto de los esfuerzos hechos, y no es dificil demorarles o adelantarles diez por ciento. Si es que hay tantas cercas, caminos, o cursos de agua que le hace perder el tiempo del nivelador, entonces es mejor dejar semejantes datos al topógrafo, pero si el nivelador no puede alcanzarle al primer ayudante por los terrenos accidentados, es mejor tomarlos con el tránsito. La condicion ideal se obtiene cuando los cadeneros nunca esperan a nadie, sino que siguen midiendo continuamente todo el dia. Si es posible para el ayudante hacer sus cálculos cuando no hace esperar a nadie, es bueno hacerlo, especialmente en los que se referien a observaciones solares ú otros semejantes que no son de necesidad inmediata.

Los calculos que forman una parte del trazo deben ser hechos inmediatamente, en el campo. Tomar el rumbo magnetico no debe ser olvidado jamas, y si no está conforme con el rumbo calculado, es decir, si el angulo medido por la brujula no es igual al angulo medido en el vernier, entonces debe ser verificado el angulo y la notacion escrita en el libro "angulo verificado, brujula varía tantos grados." Si no lo hace, algun dia tendra que recorrer muchos kilómetros de linea para encontrar algun error angular. Habiendo anotado los puntos donde empieza a tener variacion distinta la brújula, es mucho mas facil determinar el punto donde fué cometido el error "probablemente."

En terreno ondulante donde hay partes largas de la linea no visible de un punto, la comision debe tener un cadenero extra que puede andar mucho adelante de los cadeneros de linea, y colocar una bandera visible a los cadeneros para que el trasero puede dar linea a ojo al delantero, asi cruzando valles intermediarios sin necesidad de llamar al teodolito. La linea negra llena, indica el terreno donde la linea es dado por el instrumento. La linea punteada indica la parte donde el cadenero trasero

da linea por ojo. Los puntos (1), y (3), seran ocupados por el instrumento pero el punto (2) no lo será, asi ahorrando tiempo al teodolito.



No. 8.

Antes de hacer uso alguno del teodolito el primer ayudante hará las correciones ó ajustamientos necesarios en el instrumento. Para ajustar el teodolito se procede de la manera explicada en el capitulo encabezado "El Ajustamiento, y Cuidado de Instrumentos."

Cuando empieza el estudio, y cada diez kilometros, por lo menos, tomará una observacion solar para determinar el rumbo astronomico, y lo comparará con el rumbo magnético. Entonces, en cada linea o parte de linea, notará el rumbo magnético como una prueba de no haber equivocado en leer el ángulo. La observacion solar para azimut se hace de la manera siguiente;

1. El instrumento tiene que estar en ajustamiento perfecto. Las observaciones seran tomados entre las nueve, y las diez y media de la mañana, o entre las dos y media y las cuatro de la tarde. Se coloca el instrumento sobre un punto en la linea del cual desean saber el azimut, con el vernier en zero. Se hace la linea de colineacion coincidir con otro punto en la misma linea estudiada, sobre la cual esta puesto el instrumento y se aprieta suavamente el tornillo de tangencia o sea de la mocion inferior. Despues de asegurarse que no se ha movido la plataforma superior, que está en zero el vernier, y que la cruz de los hilos corta el punto tomado como vista delantera de la linea, entonces se suelta la mocion superior, o sea el tornillo que conecta las dos plataformas de bronce, y se toma la observacion sobre el sol.

La imagen del sol debe ser tangente a los hilos en tal cuadrante que parece que el sol recede simultaneamente del hilo vertical y horizontal. Se observa y anota la hora exacta de tangencia, el angulo vertical del horizonte, el angulo horizontal de la linea cuyo azimut se desea, y en el libro de anotaciones se marca los datos "observacion primera."

2. Tan pronto como sea posible se toma la segunda observacion, con el telescopio en posicion inversa, si es que tiene circulo

vertical el instrumento, pero de todos modos colocando el sol en tal posicion que su imagen estará en el cuadrante opuesta a la de la primera observacion. Se hacen las anotaciones en la misma forma que para la primera y la marca "observacion segunda."

Si la hora de la primera y segunda observacion no difiere mas que dos minutos de tiempo, entonces se puede tomar el promedio de los ángulos, como posicion promedia del sol, y con el promedio del tiempo u hora de observacion, hacer un solo calculo para las dos. Si difera mas que dos minutos de tiempo entonces es necesario hacer dos calculos y tomar el promedio del resultado para el azimut correspondiente.

3. Para determinar el triangulo es necesario saber tres angulos, viz.; *declinacion* del sol del ecuador a la hora de observacion; su *altitud* sobre el horizonte, y *latitud* del punto de observacion. La declinacion del sol en medio dia aparente, Greenwich, se encuentra en las tablas publicadas para el uso de observadores. Por supuesto pueden usarse tablas con declinacion dada para cualquier punto de longitud conocida, pero en este libro se tratará solamente de las tablas que hacen referencia a Greenwich porque es mas facil encontrarlas en el mercado. Estas tablas dan la declinacion para cada dia del año, pero hay que tomar en cuenta que casi todas son publicadas en el hemisferio del norte y acostumbran usar + para indicar declinacion norte y − para significar declinacion sur. Es importante asegurarse que los signos son correctos para la posicion del observador, tomando la declinacion como positivo, ó +, cuando el sol está al mismo lado del ecuador como está el observador, y negativo, ó −, cuando el ecuador separa el observador del sol. Desde el equinoxio de Marzo hasta el de Septiembre el sol está al norte del ecuador y lo de mas del año está al sur del ecuador. Es necesario corregir los valores de las tablas segun las diferencias aparentes de tiempo entre medio dia y la hora actual, mas tambien en acuerdo con la diferencia de tiempo debido a la diferencia de longitud de Greenwich y el punto de observacion. La altitud observada tiene que ser corregida en paralaxe y refraccion de los rayos del sol por la atmosfera. Una correccion muy aproximada para refraccion, cuando el angulo es mayor que diez grados, es, en minutos de angulo, el cotangente del angulo de altitud observada. La correccion debida a paralaxe, en segundos de arco, iguala á 8.8″×cosen angulo de altitud observada. La

correccion para refraccion siempre es subtraida del angulo medido, mientras que la correccion para paralaxe siempre es una adicion. Como el angulo de altitud usado en los calculos es la altitud del centro del sol, su semi-diametro angular será agregado ó subtraido, segun si fué observado su limbo inferior ó superior. Cuando se usa el promedio de valores observado en cuadrantes opuestos, es decir, el promedio de las dos observaciones dentro del espacio de dos minutos de tiempo, entonces ésta correccion no entra porque al tomar los promedios se la hace automaticamente. Si no se sabe de antemano la latitud y longitud se puede tomarlas de un buen mapa, pero siempre es necesario obtener la latitud lo mas aproximadamente como sea posible. Para verificar el valor tomado del mapa es necesario tomar una observacion para *latitud* en la manera siguiente.

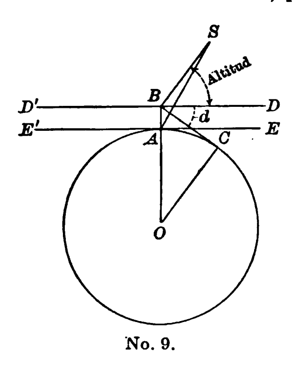
Como a las once de la mañana, hora o tiempo del punto de observacion, se coloca el instrumento en un punto libre de vegetacion alta, y sobre terreno solido, nivelandolo cuidadosamente y entonces dejandolo reposar par unos cinco ó diez minutos. De vez en cuando se revisa la nivelacion para que no haya movimiento repentino debido á la contraccion ó expansion de los metales expuestos al sol y aire. Cuando el sol se acerca al punto de culminacion, ó altura mayor se sigue su limbo inferior con el hilo horizontal del telescopio. Cuando alcanza la mayor altitud, el sol, se lee y anota el angulo vertical, corrigiendolo con la adicion del semi-diametro del sol, lo cual es 0° 15′ 45″ en Junio, y 0° 16′ 15″ en Diciembre. Ademas, hay que agregar a la altitud aparente, asi obtenida, el valor de paralaxe y subtraer el angulo de refraccion. Si es que el instrumento tiene circulo vertical, en vez de un solo arco, entonces es posible tomar otra observacion con el telescopio en posicion inversa, y eliminar los errores instrumentales.

Si no tiene circulo vertical es necesario hacer las correcciones debidas para el error de indice, si hay tal error en el arco. Entonces uno tiene la verdadera altitud.

La *declinacion* es determinada de la manera discutida anteriormente, corregida para las diferencias de hora y situacion, y el calculo para *latitud* se hace segun la formula siguiente: *Latitud* = 90° − (*altitud-declinacion*). Si + indica declinacion norte, y − indica declinacion sur, entonces *latitud norte* = (90° − *altitud* + *declinacion*) y *latitud sur* = (90° − *altitud-declinacion*), siempre

tomando en cuenta el signo de la declinacion publicada para el uso en el hemisferio septentrional.

Si es que la observacion para altitud ha sido tomada con sextante, es necesario corregir el angulo obtenido en otro sentido mas, para eliminar el error causado por la depression del horizonte. Suponiendo, por ejemplo, que el observador está en una balsa perfectamente tranquila, en el mar, tan lejos de la tierra que no la divisa. Hay limite a la distancia que se puede ver porque la superficie de la tierra es redonda. El ojo del observador tiene tanta altura sobre el agua, y si se fija la vista en una linea sola, y esa linea toca al agua en un punto distante, entonces la linea no es horizontal, pero si es tangente al punto distante. Ahora podemos suponer que existe una linea que pasa de la superficie del agua en direccion hacia el punto distante, pero siempre tangente al Globo en el punto de observacion. Hemos dicho "hacia el punto distante" pero será mejor decir, "en el mismo plano con el punto distante, el ojo, y un punto en la superficie del agua perpendicularmente debajo del ojo. Estas dos lineas intersectan, y el angulo de interseccion es la correccion que debemos usar. En el diagrama el punto distante será marcado C; el ojo, B; el punto en el agua debajo del ojo, A; y para facilitar la explanacion, haremos otra linea, B–D en el mismo plano, y paralela a la linea tangente que sale de A. El punto S indica el Sol, y el verdadero angulo de altitud es D–B–S, asumiendo que A–B es demasiado pequeño para tomar en cuenta comparado con B–S. Como el observador tiene que usar el horizonte como un punto para medir el angulo, no mide D–B–S, sino C–B–S. La correccion, d, siempre subtraido del altitud medida seria igual al angulo A–O–C. $\frac{AB}{R}=\frac{\tan^2 d}{2 \sec d}$. Sec $d=\frac{R+AB}{R}=1$, dentro los limites de precision del problema, porque aun con una altura de cien metros el error probable seria solamente uno en 63,000. Tratando de diferencias pequeñas en angulos se puede asumir que el tangente varia directamente con el numero de minutos en



No. 9.

el angulo. Multiplicando, pues, el tangente de un minuto por el radio del Globo, en pies, se obtiene la formula muy aproximada, $1.06\sqrt[2]{(AB)}$ en pies $=N$, cuando N indica el numero de minutos en el angulo d. Algunos observadores usan sencillamente $\sqrt[2]{AB}$ (midiendola en pies), porque entran algunos errores en tomar observaciones sobre plataformas movibles, y porquen las alturas sobre el nivel del agua son, por lo general, pequeñas. Entonces se disminuye el angulo CBS por d. Esta correccion incluye la correccion para refraccion en depresion del horizonte, pero no la incluye para refraccion en altitud. Eso quiere decir que despues de corregir para depresion se concluye el calculo de *latitud* en la misa manera que si hubiese usada si se habia tomada la observacion con un teodolito.

El sextante se usa generalmente abordo de buques, pero si lo usan en tierra es necesario preparar un horizonte falso, lo cual se hace a veces con mercurio, aceite, o aun con agua, pero tiene que ser un liquido que da refleccion. La depresion se calcula por trigonometria.

Para la verificacion de la longitud tomada del mapa, si es necessario hacerla en algunos casos raros, es menester que lleva el observador un buen reloj que indica la hora de Greenwich ú otro punto de longitud conocida. Tambien es necesario saber el error del reloj; eso es, el numero de segundos que gana ó pierde, en tiempo dado. Teniendo la hora exacta del punto de referencia, se coloca el teodolito con la linea de colineacion en un meridiano anteriormente determinado segun instrucciones para obtener el azimut de una linea, y se anota la hora en que el sol cruza el meridiano. Es bien notar la hora en que cruza el primer limbo, y entonces la del cruzamiento del segundo limbo, tomando el promedio para el cruzamiento del centro del sol. Esta hora es *medio dia*, tiempo local.

Si el reloj indica, por ejemplo, las nueve de la mañana, entonces el punto de referencia dista tres horas del punto del observador. Como veinte cuatro horas es un dia, y como trescientos sesenta grados de longitud miden un dia, entonces una hora es igual á quince grados, y tres horas son cuarenta cinco grados, en este caso al Este del punto de referencia. Si el reloj indica las dos de la tarde, el observador está treinta grados al oeste del punto de referencia.

Como quince grados indica una diferencia de una hora, quince

minutos de angulo corresponden á un minuto de tiempo, y quince segundos de angulo con un segundo de tiempo.

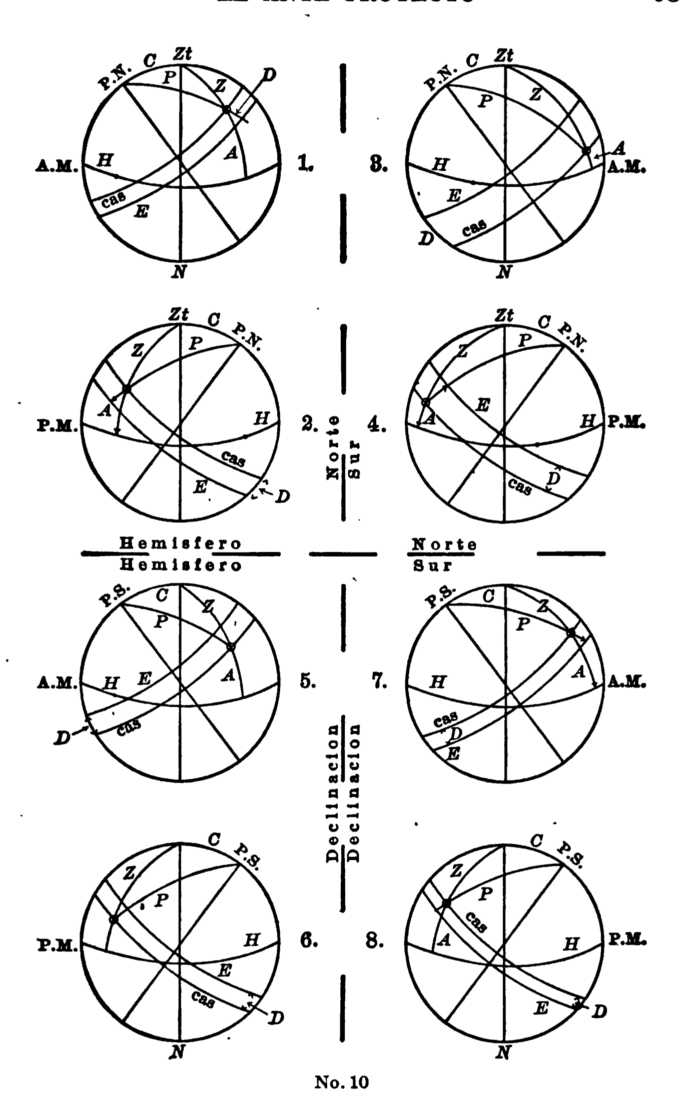
Otro método mas seguro es ajustar el relox para que indique el verdadero tiempo local en el punto de longitud conocida, y otro relox indicando el verdadero tiempo local en el punto del cual desean saber la longitud. Cuando cruza el meridiano el sol, lo comunica por telegrafo, asi eliminando el efecto de errores en los relojes. No es necesario usar el sol, aunque es costumbre general. Se puede usar cualquiera estrella si es sabido la declinacion y otros movimientos. La pagina siguiente demuestra las ocho condiciones en que el ingeniero encuentra al sol, y despues de este diagrama está presentado un ejemplo de notas sobre una observacion con los calculos correspondientes. Representan las notas y calculos una operacion hecha en Uruguay, y usadas como base para un estudio y mapa.

En los diagramas *Zt* indica *zenit*; *N* indica *nadir*; *PN* indica *polo norte*; *PS* indica *polo sur*; *E* indica *ecuador*; *H* indica *horizonte*; *D* indica declinacion; *'cas* indica curso aparente del sol; *A* indica altitud; *P* indica la distancia angular del polo al sol; *C* indica la co-latitud ó distancia angular del polo a la zenit; *Z* indica la distancia angular de la zenit hasta el sol; *O* indica el sol. En los calculos *A* = azimut y Alt = altitud.

Siempre que uno no está acostumbrado a hacer esta clase de observaciones es bueno hacer un diagrama en su libro de anotaciones para dejar constancia de la manera en que fueron hechos sus calculos, para que puede hacer comparacion con el texto cuando quiera.

El primer punto, ó el origen del estudio, debe ser tan bien marcado que no será perdido nunca. Una barra de fierro hundido en el suelo hasta un metro, ó mas, y conectado por angulos y distancias á monumentos permanentes, las esquinas de edificios buenos, ó centros de pozos sobre galerias de drenaje de un pueblo, sirven muy bien para marcar un punto tan importante.

Si uno está en una region de bosques, ó no hay fierro, ni hay edificios, ni casas, se puede eligir una estaca larga de la madera mas duradera disponible, y carbonizarla exteriormente en el fuego, para que no se pudra facilmente. Despues de hundir la estaca un poco debajo de la superficie del terreno como deben hacer con todos los puntos ocupados ó usados por los instrumentos cualesquieros, para que quemazones o animales no los


P.N. C Zt
P Z D
A.M. H A 1.
cas E
N
3. H A A.M.
E
D cas
Zt C P.N.
Z P
P.M. A H 2.
cas
E D
Norte
Sur
4. E H P.M.
A D cas
Hemisfero
Hemisfero
Norte
Sur
P.S. C Z P
A.M. H E A 5.
D cas
7. A A.M.
H cas D E
Declinacion
Declinacion
C P.S.
Z P
P.M. H 6.
E cas D
N
8. Z P cas A H P.M.
E D
N

No. 10

35

Junio 30-1913
OBSERVACION SOLAR
PARA AZIMUT

W.J.K. Observador

Inst. Estacion	Observdo Estacion	Δ Vert.	Δ Hor.	hora	Rum. M.
TT 1644	TT 1706	0°00'	0°00'		
"	Sol +°	22°12'	2°09'D	2.46.50 P.M.	
"	" +̥	22°40'	1°41.5'D	2.47.20 "	
"	Promedio	44° 52'	3°50.5'D	4.93.70	
	"	22° 26'	1°55.25'D	2 h.47 M.	

Distancia Polar = 90° + 23° 11' 30" = 113° 11' 30" = "P"
(Porque Sol está al otro lado del ecuador)
Co-Alt = 67° 36' 16" = "Z"

Co Lat = 90° - Lat = 90° - 33° 53' 19" = 56° 6' 41" = "C"

"A" es el Azimut = angulo en Zenit entre Polo y Sol.

"S" = Sumacion de $\left\{\frac{C+Z+P}{2}\right\}$ = 118° 27' 15"

$$\cos\frac{A}{2} = \sqrt[2]{\frac{\sin S \,\sin (S-P)}{\sin C\,\sin Z}}$$

S = 118° 27' 15" Log sin = 9.944080
S-P = 5° 15' 45" " " 8.962572
Z = 67° 36' 15" colog " .034045
C = 56° 6' 40" " " .080859
19.021556 ÷ Z =

($\frac{A}{2}$ = 71° 5' Log cos = 9.510778) "A" = 142° 10'
del Polo Sur. Direcion Al Sol = N 37° 50' Oe.
Obs. Δ Hor. D* Derecho 1° 55.25
Rumbo Astronomico Linea "TT" = Norte 39° 45.25' Oeste

No. 11.

35

CAMPAMENTO	"TOMAS RIVERO"
F. C. P á C.	Km 105
Telescopio Reversado	
Posicion Geog. tomada	del mapa Oficial,
del punto de Obsrvacio	n:-
Lat. 33°53'19" Sur. Long.	54°28'59" Oeste G.
Equacion Tiempo Long	dado = 3h. 38 min. ó -
sea-medio dia Green	wich = 8 hr. 22 A.M.
en punto de observa	cion. De las tablas
la declinacion Gr. Me	dio dia -6-30-1913=
Norte 23°12'17" Cambi	o por hora = 8·7"
Hora de observacion = 14	hr. 47' pm. (=14 hr. 47' A.M.)
−8	hr. 22
6	hr. 25' = 6.5 hr. ±
6.5×8.7" = 0°0'57" ± De	clinacion Corregida
= 23°11'30" Norte.	
ALT. Obs. = 22°26'; Corec	ion Refraccion = Cot
− 2'24 22.	5° = 2·4' = 2'24"
22°23'36" } C	os. Alt = .92 } Parallax
Alt + 8" } ×	8.8" = 8" }
Coregido = 22°23'44"	
Co-ALT. = 67°36'16" =	"Z"

No. 11.

molestan, es bien tomar el rumbo magnetico á tres arboles cercanos. No deben distar mas que unos pocos metros.

Si uno quita la corteza de un arbol y pinta ó clava tachuelas en el tronco, las señas durarán mientras que viva el arbol, porque la cicatriz será cubierto por corteza nueva, si ha sido hecha con cuidado la operacion. El autor ha encontrado señas de ésta naturaleza, en arboles vivos, despues de haber sido puestas cuarenta años.

Ademas de tomar el rumbo magnetico á los tres arboles es necesario medir la distancia, y entonces será posible encontrar el punto si queda aun uno de los tres. Teniendo los tres las medidas solas dan la posicion del punto. El primer ayudante, el nivelador, y el topógrafo, cada uno, debe hacer un croquis en su libro de anotaciones, mostrando los detalles de la posicion del primer punto, la hora, y fecha, en que fué colocado, y los nombres y puestos, de los hombres que forman la comision.

Habiendo determinado el primer rumbo, el primer ayudante lo indica á los cadeneros, y el estudio empieza. La forma en que el primer ayudante hace sus apuntes está indicada en las páginas siguientes. La forma es importante en el sentido que debe ser fácil para cualquier ingeniero entender las anotaciones tomadas por otro, pero los datos apuntados son mucho mas importante que la forma de apuntarlos.

Las medidas hechas por los cadeneros son tomadas con una cinta, ó banda flexible de acero. El costo de éstas cintas no debe influir en la seleccion del articulo cuando se hace la compra, si menor precio indica menor calidad. Bajo condiciones genérales el costo de una comision completa de ingenieros que trazan ferrocarriles en debida forma es alrededor de cincuenta dolares por dia, y si tienen que volver al campimento en medio dia por haber roto una cinta, habran perdido veinte cinco dolares. Con ésta suma de dinero es posible comprar varias cintas. Esto no quiere decir que siempre son mejores las mas caras, porque hay ciertas marcas Norte Americanas que han sido hechas especialmente para servicio duro en el campo, y en obras de construccion, que cuestan cinco dolares cada una.

La cinta debe ser marcada cada cinco metros, por lo menos, con un boton en cada metro, ó preferiblemente marcada cada metro con el numero de metros desde el punto delantero. El ultimo metro en cada extremo debe ser marcado cada centimetro. Hay algunas marcas que vienen en rollos con una rueda de

madera, pero es mas facil secarla si la doblan en figura ocho, y hay menos peligro de oxidacion. Cada noche debe ser secada, con un trapo, y despues frotada con un trapo aceitado.

El cadenero delantero es el jefe de todos los ayudantes con la excepcion del porta mira. En un ejérctio seria primer sargento. Facil es que no hay otro puesto en la comision que necesita un hombre tan activo como él. Si anda lentamente la medicion, entonces hace menos trabajo en el dia la comision. Si él no coloca con buen juicio los puntos para el primer ayudante, entonces el trabajo de ese ingeniero es aumentado de valde. Si no toma bien las medidas el valor del estudio es disminuido, porque el estudio es para fijar los muchos puntos en longitud, elevacion, y latitud, una dimension siendo casi tan importante como la otra. Tambien necesita tener un buen ojo, como suelen decir. No debe andar afuera de linea, mas bien debe fijarse por donde va y seguir ese rumbo sin vacilacion ninguna si le es posible. Si vacila de un lado á otro, pierde tiempo y lo hace perder al primer ayundante quién tiene que darle la indicacion de la linea. Ademas, cansa á el y ál marcador y clavador de estacas. Si están trabajando en los bosques y los cadeneros salen afuera de linea los que abren brecha no pueden trabajar economicamente. El primer cadenero debe tener mas practica que lo demas, y escuchar al cadenero trasero y marcador cuando gritan los numeros, para que no haya equivocacion en las medidas. Los que van consigo son para ayudarle, mientras que el es la persona directamente responsable. Vale poco tomar las medidas con tanta precaucion que ni hay error de medio centimetro, si es que, de repente, pierden un numero y cometan un error de veinte metros.

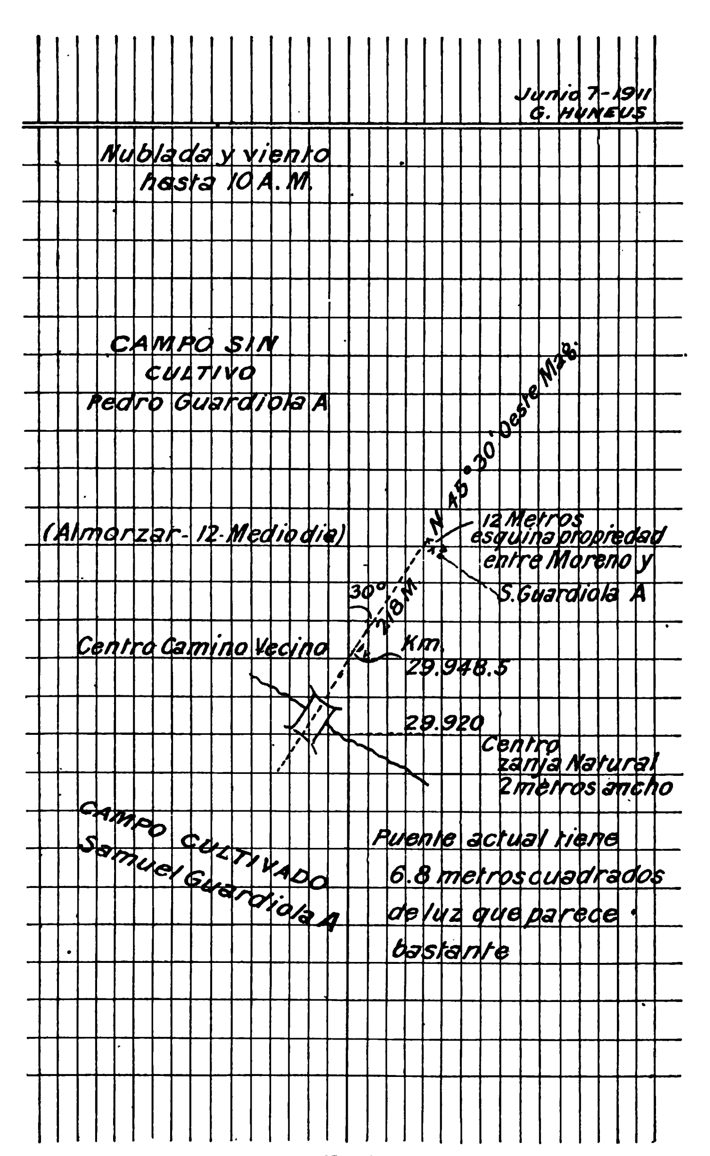
El tambien, toma datos de la distancia, ó sea la estacion y fraccion, hasta los linderos, cercas, arroyos, ú otras lineas transversales que son importantes para fijar bien los terrenos estudiados. Siempre lleva consigo un libro de anotaciones y apunta los datos que el primer ayudante necesita. Debe saber cuantas estacas son necesarias para un dia de trabajo y si no hay bastante para terminar el dia el es responsable hasta cierto grado. Es el que revisa á todo cuando la comision sale en la mañana y es menester que se asegure que no faltará nada. Personalmente lleva su bandera, cordel, tachuelas, libro, lapices, y su cuchillo.

Cuando llega la hora de almorzar él debe disponer de su gente para prepararlo pronto, cual es un trabajo que hace el carre-

79 LINEA PRELIM. "A"

Estacion	Alin.	Ang. Izq.	Ang. Der.	Rumb. Mag.	Rumbo C.
18					
16					
14					
12					
10					
8					
6					
4					
2					
"A" 3000	△-P.	—	—	N. 75°15' O.	N. 68°10' O.
8					
6					
+ 8.5 M.					
4					
2					
90					
8					
6					
4					
82					
81	△ P. I.	17°02' (I)		N. 75°30' O.	N. 68°10' O.
80					
78					
"A" 2976					

No 12.


Junio 7-1911
G. HUNEUS
Nublada y viento
hasta 10 A. M.
CAMPO SIN
CULTIVO
Pedro Guardiola A
N 45° 30' Oeste Mag.
(Almorzar - 12 - Mediodia)
12 Metros
esquina propiedad
entre Moreno y
S. Guardiola A
30°
3.18 M
Centro Camino Vecino
Km.
29.948.5
29.920
Centro
zanja Natural
2 metros ancho
CAMPO CULTIVADO
Samuel Guardiola A
Puente actual tiene
6.8 metros cuadrados
de luz que parece
bastante

No. 12.

tonero siempre que haya uno. El dia que cambien el campamento es el que toma á su cargo empacar todo el equipo con la excepcion de la cocina y la oficina. Ayuda al cocinero en la preparacion de su menage para que salga adelante de todo lo demas. El portamira y dibujante atienden a embalar, y poner en marcha tras la cocina á la oficina, siendo seguido por lo restante al cargo del cadenero delantero.

El cadenero trasero atiende á la cinta, mas tambien lleva otra, de género, para medir distancias cortas, una hacha de mano para clavar las estacas, una plomada de fierro para poder alzar la cinta y medir horizontalmente, lapices para marcar estacas, si es necesaria de vez en cuando, cuchillo para ayudar el marcador poner caras lisas en las estacas y un rollo de cuerda fina, preferiblemente de seda, para hacer intersecciones en el terreno, ó arreglar plomadas.

Si la comision está trabajando en las cordilleras tambien debe llevar el cadenero trasero una soga de dos ó tres centimetros diametro, y de quince á veinte metros de largo, para poder bajar y subir los peñascos ó terrenos falsos. Llegando á la linea este empleado extiende la cinta en el terreno, entregando el mango de frente al cadenero delantero, anota la estacion y si es que es una fraccion de estacion el punto de partido se busca el punto en la cinta para medir la fraccion faltante, lo coloca sobre el punto indicado, grita el número al marcador de estacas y avisa al cadenero delantero que está listo para empezara medir. Tan pronto como el cadenero delantero ha fijado el punto para la estaca nueva, ó siguiente, gritando " bien " á la vez, el trasero suelta la cinta completamente, teniendo cuidado que no está envuelta con las piernas del teodolito ni con ninguna otra cosa. Entonces corre tras la cinta que ondula sobre el terreno y á una distancia de un metro ó dos antes de llegar á la proxima estacion, recien colocada, grita " dos cientos once," ó que sea el número, á la vez agarrando el mango trasero y poniendose en posicion sobre la estaca para medir, inclinandose á un lado para no meterse en la linea de vista del teodolito.

Cuando el cadenero delantero oye el número, sabe que falta poco para completar los veinte metros. Entonces da vuelta, tira la cinta, y se pone en linea lo mas aproximadamente que le sea posible, pidiendo al primer ayudante que sea verificada la posicion de la bandera. Tan pronto que el trasero grita el numero " doscientos once," digamos, el marcador de estacas

contesta " doscientos doce," ó lo que sea el numero, verifique lo que ha marcado sobre la estaca, y si está bien marcada la mete en el hoyito indicado por el delantero. Cuando el cadenero de enfrente grita " bien," el trasero suelta la cinta, endereza y clava la estaca, alcanzando á la cinta antes de que llega á la estaca siguiente, gritando, en este caso " doscientos doce," y repitiendo la operacion.

Si el terreno es duro, ó si la comision está trabajando en las llanuras, y la medicion va adelante con tanta rapidez que el cadenero trasero no puede clavar las estacas, so pena de atrasar el trabajo, entonces se agrega un clavador de estacas que tambien lleva una parte de la carga del marcador. El clavador, entonces, grita los numeros al marcador, pero el cadenero trasero no pierde responsabilidad ninguna. Debe fijarse muy bien en lo que dicen los que atienden á numeros y estacas para evitar errores.

El clavador lleva una hacha de mas ó menos dos kilogramos de peso, con un mango largo, para que puede cortar un arbol, rajar leña, apuntar estacas, ó hacer otras cosas del estilo. La hacha siempre será bien afilada, con mango liso, fuerte y bueno. El obrero que se presenta al trabajo con herramienta en mal estado no es el que debe acompañar á una comision de ingenieros en el campo. Si es necesario que vaya adelante una persona para colocar un punto mas alla que por donde andan los cadeneros, no es raro que lo hace el clavador, llevando el cadenero trasero la bandera extra mientras que el clavador no la necesita, y cambiándola para la hacha cuando el clavador va adelante, ó muy al lado, para dar una vista al primer ayudante.

El banderero trasero ocupa siempre el ultimo punto abandonado por el teodolito. Para su trabajo lleva una bandera alta, muy recta, y, como todas las banderas, pintada roja y blanca alternativamente, en bandas de treinta centimetros de altura. La bandera tendrá un pie de punto de acero, lo cual se coloca sobre la tachuela, enderezandola cuidadosamente, con las piernas seperadas para que la sombra de los pies no dificulta al encargado del teodolito fijarse en el punto mas bajo que permita el terreno. Generalmente no necesita otra cosa que la bandera, pero como tiene poco que hacer, aparte de fijarse bien en mantener la bandera vertical, es costumbre que lleve estacas, y á veces el almuerzo, ú otros articulos que molestan á los que están mas ocupados adelante. Su primera promocion es al puesto de clavador, entonces á marcador, y despues, á cadenero trasero.

El Nivelador es el encargado de las "nivelaciones," asi llamado, o sea, la determinacion de las elevaciones del eje del trazo, de tal manera que se puede hacer un perfil, ó seccion longitudinal, del terreno. Aunque el alineamianto de un ferrocarril es muy importante, es mucho mas importante las elevaciones del terreno. Si la inclinacion longitudinal es mayor que la pendiente máxima permitida, entonces para construir el ferrocarril será necesario excavar la tierra entre la graduacion propuesta y la superficie natural, con los gastos correspondientes. Si la linea tiene que cruzar una loma ó cordillera en cierto punto, el ingeniero tiene que buscar terreno para sostener una subida continua y regular, y si el terreno encontrado está debajo ésta subida continua, entonces será necesario hacer terraplenes ó rellenos. Como el ingeniero no puede determinar con exactitud el perfil de la linea estudiada hasta que llega el nivelador, esta persona debe hacer todo lo posible para estar lo mas cerca al teodolito como sea posible. Muchas veces el grupo que anda adelante con el primer ayudante, tiene que sentarse y esperar la llegada del nivelador, asi aumentando mucho el costo del estudios. Sin embargo, seria inutil seguir el trazo muy adelante del nivelador, porque asi se perderia mucho trabajo, entrando á terrenos demasiados bajos, ó altos, segun el caso. El nivelador, pues, tiene que ser muy experto en el uso del instrumento, y saber cumplir su cometido no solamente con certeza, mas tambien con rapidez.

A pesar de la costumbre de tener dos niveladores, en ciertos partes del mundo, uno para rectificar los errores del otro, es una costumbre que no debe ser permitida. Si es que son inexactos los datos de un nivelador, la manera mas eficaz de eliminar los errores es poner otro nivelador, no para ayudarle, sino para reemplazarle. El trabajo es sencillo, pero es necesario mucho cuidado. Como los hombres no son infalibles, un buen nivelador puede errar, pero es sumamente dificil si sigue las instrucciones debidas. El manejo de un nivel no es una tarea que demanda mucho juicio. Cuidado, cuidado, cuidado, son las tres reglas primeras del nivelador.

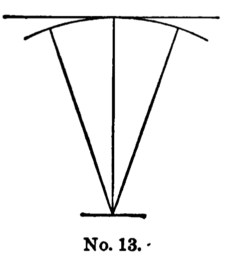
Cuando empiezan los estudios recibirá instrucciones del Locator ó Primer Ayudante, de la elevación sobre el mar del punto de partida.

Antes de empezar cualquier estudio es necesario asegurarse que el nivel está en ajustamiento perfecto, siguiendo para el

caso, las instrucciones dadas sobre "El Cuidado y Ajustamiento de Instrumentos." Durante todo el trabajo es bien estudiar el instrumento, notando mentalmente sus peculiaridades, para que cualquier error en ajustamiento sea observado inmediatamente.

Durante el dia es posible probar su buena condicion muchas veces sin perdida de tiempo ninguna. Cuando está colocado para tomar lecturas, la plataforma del tripode debe estar aproximadamente nivel, y los puntos de las tres piernas solidamente metidos en el terreno. Ningun tornillo debe estar tan apretado que no se puede moverlo con facilidad relativa por medio de los dedos indice y pulgar. Es decir, deben estar movidizos, pero no inmóviles.

Antes de tomar la lectura primera se da un giro de trescientos sesenta grados al telescopio, fijandose que no mueva la burbuja, se le apunte hácia el estadal, y lo enfoca; se nota la burbuja, que debe estar en el centro del tubo, se toma la lectura sin tocar ninguna parte del instrumento, anota la lectura, aputandola a la vez, siempre asegurándose que no se ha movido la burbuja. Entonces se indica al portamira la lectura, y el coloca la mira, ó sea el blanco, sobre la lectura indicada, colocando el estadal de nuevo sobre el *banco*, ó punto de fija elevacion, ó sea de elevacion conocida. Es necesario evitar todo movimiento lateral del estadal, pero el portamira lo moviese atravez un arco hacia el instrumento y en el sentido contrario como se ve en el croquis.


No. 13.

El punto de mas altura aparente en el estadal, es la lectura, y la linea horizontal en medio del blanco, ó mira, coincidirá con el hilo-horizontal del instrumento si ha estado bien colocado el blanco, ó mira, solamente cuando está vertical el estadal. Cuando aparte de la verticalidad, por delante ó por detras, entonces la mira aparece bajar del nivel del instrumento. Si parece subir sobre el hilo horizontal del instrumento, entonces no está bien colocado y es necesario rectificar la lectura, alzándola hasta que no suba sobre el hilo.

Durante todo la operacion debe cuidarse de la burbuja, asegurandose que no se ha movido. Cuando uno está seguro de la

lectura probada por el blanco, se la compara con la lectura anotada la primera vez, y da la seña correspondiente al portamira para que avanze, dando lecturas en cada punto de quiebra del terreno, siempre sobre el eje del trazo, y tambien sobre el terreno en cada estacion marcada.

A llegar al instrumento el portamira compara la elevacion que él ha obtenido, con la que ha calculado el nivelador, y si son iguales se puede estar satisfecho que no han errado. Es posible, no obstante, que dos personas hagan la misma equivocacion, y siempre es conveniente que verifiquen las alturas de los bancos por algun otro medio que será discutido despues.

Despues de concluir las lecturas sobre la seccion de la linea que alcanza el instrumento, el nivelador da una seña al portamira para que elija un punto firme, ó clava un perno firmamente en el suelo, y la elevacion de este punto es determinado con el mismo cuidado y en la misma forma como antes, sino será subtraido de la elevacion del instrumento, la lectura, para determinar la elevacion del punto, en vez de ser agregada á la del punto para determinar la del instrumento.

Habiendo concluido esta operacion el nivelador levanta el nivel y va adelante verificando el calculo hecho por medio de comparacion con lo que ha obtenido el portamira.

El primer punto usado es llamado *banco marcado*, ó sencillamente, B. M. Porque se dice banco, en vez de cualquiera otra cosa, el autor no puede decir, pero es costumbre en todos las Américas, y conocido por todos los ingenieros. Tiene que ser firme el banco ó B. M. y se debe colocar uno cada kilómetro, mas ó menos, sobre puntos que, probablemente, no serán estorbados. Todos los puntos de cambio de instrumento deben ser descritos en las notas, y bien marcados, pero los B. M.'s muy especialmente.

Si no es posible encontrar un punto como el peldaño mas alto á la entrada de una casa permanente, el pico de una piedra que sirve como esquina de propiedades, la base esquina de un monumento cualquiera, ú otra cosa permanente, se puede clavar una estaca hasta hundirla un poco en la tierra, para que el ganado no la estorbe, á una distancia preferiblemente regular de la linea, digamos cincuenta pasos, á la izquierda ó derecha, y al lado, otra estaca con letras B. M. pintadas ó marcadas en una cara y la elevacion del punto en el otro lado, segun los datos del libro.

Siempre hablando de elevaciones se trata de la altura sobre el nivel del mar, por lo menos asumido, si no la tiene exacta.

En el libro cada punto debe ser bien descrito para que puede ser encontrado facilimente por cualquiera persona, aun si hubiera desaparecida la linea de estacas que marcan el trazo.

Las anotaciones del nivelador deben incluir, no solamente las variaciones en la inclinacion del terreno, es decir, las elevaciones de las quiebras, y de las estaciones, mas tambien deben incluir datos sobre el drenaje, y las aberturas aproximadas que seran necesarias para que pase el agua, y de todos modos las elevaciones de aguas altas, de la resaca mas alta, y otras indicaciones del efecto del agua.

Deben ser incluidos tambien los datos disponibles sobre la geologia, la elevacion de las laminas principales de roca, datos que indicarán, si la excavacion tendrá roca, ó no, ó si será solamente tosca o tierra. Anotará las clases de vegetacion, y si hay arena ú otras materiales disponibles para construccion, las elevaciones de casas y caminos, para mejor determinar las elevaciones económicas de la graduacion, y cualquier otro dato interestante.

No debe olvidar que él y el topografo tienen que hacer los presupuestos, y entre los dos deben obtener todos los datos necesarios para esta tarea de una vez, para que no haya necesidad de volver al campo por datos olvidados. Tampoco no deben esperar que el otro tomará los datos. Tómelos, cada uno, porque vale saber que dos interesados han estudiado un asunto y que estan de acuerdo.

Una muestra de los datos de un nivelador aparece en las paginas siguientes. Despues de haber terminado una pagina es menester sumar la columna positiva, y la negativa, agregando la primera á la elevacion de partida, y subtraendo la segunda, el resultado siendo la altura del instrumento, en este caso. Asi no es posible llevar un error ninguno de una pagina á otra.

Con la buena atencion del portamira al manejo del estadal, y al blanco, colocándolo despues de haber recibido las instrucciones correspondientes del nivelador, es casi imposible, y bien inperdonable, errar en las lecturas, y la unica posibilidad de error en este sentido es cuando los dos hacen la misma equivocacion, ó cuando uno lo hace e insiste estar seguro, el otro aceptando su opinion. No deben caber opiniones. Es enteramente un asunto de hechos, y si hay duda por parte de cual-

40 Estacion	Junio 2 - '11 - NUBLADA TRANQUILA +	Inst.	—	Intermedio	Elevacion
B. M.	1.402	694.147			692.745
"B" 1180				3.12	91.03
+8				1.14	93.01
1182				1.91	92.24
4				2.43	91.72
6				4.05	90.10
8				2.22	91.93
1190				4.07	90.08
2				1.91	92.24
+ 6				2.72	91.43
P. 4			-2.975	———	691.172
	2.173	693.345			
"B" 1195				2.14	91.20
6				2.35	91.00
8				2.70	90.65
"B" 1200				2.80	90.55
2				3.20	90.14
4				3.60	89.75
P.			-3.965	———	689.380
4 + 5 2/3 △	0.652	690.032		3.221	686.811
P.			-3.951		686.081
	0.140	686.221			
1205				2.00	684.22
6				2.40	83.82
8				3.20	83.02
	4.367		10.891		

No. 14.

F. C. A. B. R.

7 ^{42} Am.

Piedras salientes parecen sueltas.

Campo de pastoreo

Cruza alambre con pu·s.

Fondo de zanja que viene de ciento Cinquenta metros-lleva poco agua. Necesita un tubo de sesenta centimetros diametro para pasarlo.

Piedra dura en el lecho.

Campo de — Valdez.

Punto encima de una estaca diez metros izquierdo de B 1194, en rincon de cercas.

Al lado del pozo antiguo

Ocho metros derecho de 1204+5, tronco-clavo encima pintado rojo-

Encima del punto ocupado por el teodolito, un perno de madera en estacion 4+9 $^{\underline{0}}$ en linea.

692.745
4.367
697.112
10.891
686.221

quiera, es mejor eliminarla de una vez, por la verificacion de la lectura. Errores de cálculos no se hace si los dos estan de acuerdo y si los dos prueban sus calculos por medio de la diferencia de sumas de lecturas positivas y negativas.

Hay, indudablemente, oportunidad para pequeños errores, porque pueda ser que el instrumento tenga defectos inherentes que no se puede corregir, pero si la vista por detras es igual en distancia horizontal á la vista delantera, entonces los errores instrumentales, ó sea del propio instrumento, se eliminan por compensacion.

Si es factible hacerlo, muchos ingenieros toman mas ó menos cien metros a cada lado del instrumento, pero si el terreno es tal que no pueden obtener vistas de mas que ochenta metros entre el punto de partida y el instrumento, entonces no deben tomar mas que ochenta metros adelante entre el instrumento y el punto nuevo. Sin embargo, uno no quiere perder la oportunidad de tomar lo que sea posible, y a veces, se puede aumentar la distancia entre el punto primero y el instrumento, en este caso, colocando el nivel a un lado de la linea en vez de ponerlo en el mero eje del trazo, lo cual hace recordar al autor, que el nivel nunca debe estar puesto sobre el eje del trazo si es posible evitarlo, porque molesta al grupo que anda con el teodolito, quienes desean alinear el instrumento de ellos muy a menudo, y estando sobre la linea el nivel, los que van adelante pierden tiempo. Porsupuesto, este no tiene importancia ninguna si estan seperados los dos grupos por mucha distancia.

La correccion de pequeños errores de ajustamiento en el campo no debe ser hecha sino en caso de un accidente que ha dañado al instrumento, hablando, en este caso, tanto del teodolito, como del nivel. Se elimina los errores pequeños del nivel igualizando las distancias horizontales que se recorre, no sumando las traseras y comparandolas con la suma de las delanteras, pero igualándolas en cada caso. Entonces puede haber error pequeño en las lecturas intermediarias pero no en las elevaciones de los puntos principales, y Bancos, que deben ser usados, siempre que sea posible, como puntos de cambio del instrumento. Esta es importante porque todos los errores cometidos en los cambios de instrumento son llevados adelante y aparecen cuando dos lineas se juntan, ó cuando el nivelador llega á un punto de referencia.

Queda la posibilidad de errar debido á la inclinacion por

delante, ó por detras, del estadal, si el porta mira no lo mueva hácia el nivelador, y por detras en sentido contrario, pasando los dos lados de la verticálidad. Tambien puede existir errores debido á la falta de claridad del aire haciendo bailar á los numeros, como suele decirse, por el gran calor ó falta de humedad. Los pequeños errores, sin embargo, deben compensarse, uno con otro, y la suma de errores, o diferencia de elevacion de un punto, determinado por dos lineas de niveles no debe ser gran cosa.

Si las elvaciones son definitivas y para una corriente de agua, no deben variar mas que cinco milimetros multiplicado por la raiz cuadrada del numero de kilometros entre los puntos de comparacion. Si son para el trazo definitivo de un ferrocarril no deben variar mas que dos centimetros multiplicado por el antedecho factor, y si son para un estudio preliminario de ferrocarril la diferencia no debe ser mas que tres centimetros multiplicado por la raiz cuadrada de la distancia en kilometros entre los puntos de comparacion.

Si el error es mas grande, en terreno plano, donde las pendientes seran muy suaves, pueda ser que no será necesario el recorrido de la linea, pero si el trazo es una subida continua de pendientes fuertes entonces no es dificil que la suma de errores en una distancia de unos cuantos kilometros haga una diferencia notable en el costo de la linea. No serán " buenos niveles " si varian mas que la indicada, aunque el Locator puede aceptar mayores errores en algunos casos, pues depende de la condicion de lo demas del trabajo, el uso á lo cual estan destinados los datos, la existencia de pendientes menores que la maxima permitida donde seria posible colocar el error en tiempo de construccion, y muchas otras condiciones.

Se habrá notado que el autor habla de los calculos del porta mira. El portamira nunca debe ser un hombre ignorante, ni pagado, ni tratado como tal. Debe ser un practicante, ó estudiante, de ingenieria, ó por lo menos un hombre de alguna inteligencia, porque tiene mucha oportunidad de adelantar, ó demorar, el trabajo del nivelador. Ademas, si no elije bien los puntos para marcar las quiebras del terreno el perfil no será muy perfecto, ni aun aproximadamente asi, lo cuál causaria errores pequeños en el mapa del topografo, y los presupuestos del movimiento de tierra.

En categoria el portamira sigue al topografo y eso es el puesto

que debe obtener como su primera promoción. Su libro de anotaciones forma una parte de la historia, ó record, del trazo, será un libro como usa el nivelador, contendrá el nombre de la empresa; del Locator, Nivelador, y Portamira, nombre de la linea, ó trazo, fecha en que empieza y concluye el uso del libro numero tal, ó tanto, fechas en que fueron tomados los datos, y la distancia igual á tantos pasos del portamira.

Tambien debe tener una descripcion de cada B.M., y los puntos de cambio del instrumento, y cualquier otro dato que ocurre al portamira que se puede agregar á sus notas sin perdida de tiempo. Una hoja de su libro seria parecida a la pagina siguiente. La muestra dada no es copia de datos actualmente tomados, sino ha sido preparado apropósito como muestra. No es necesario que los portamiras usen dos paginas, como usan los ingenieros, mas bien es costumbre para ellos usar los dos lados de las hojas del libro.

72 *Notas de Portamira*
Preliminaria "B"

Junio 4. P. Grille

Estacion			
1408	B. M.	732.670	+Cruz, piedra verde. 20 M. Derecho
	+	3.296	
	Inst.	735.966	
	−	0.944	
1418	P.	735.022	Perno 30 metros izquierdo
	+	4.001	
		739.023	
	Inst.		
1422	−	0.813	
	P.	738.210	encima estaca 1422
	+	3.920	
	Inst.	742.130	
	−	0.020	
1424	P.	742.110	X en piedra rojo al lado de la
	+	3.782	estaca. (almuerzo)
	Inst.	745.892	
	−	0.671	
	P.	745.221	Clavo en raiz del alamo.
	+	2.998	20 metros Derecho
	Inst.	748.219	
	−	1.029	
	P.	747.190	En clavo metido horizontalmente
	+	2.810	en poste de esquina de cercas
	Inst.	750.000	de alambre.

TOPOGRAFÍA Y EL TOPÓGRAFO

Topografía es la descripción detallada de localidades, y especialmente el arte de representar con exactitud y esmero, por medio de mapas, la formación física y superficial de un lugar, o región. Antes de entrar en una discusión larga sobre el tema, sería bueno considerar las ciencias, o artes, relacionadas a ésta.

La Tierra es formada de una mezcla de materiales que varían en dureza desde el granito hasta la arena movediza, o el suelo pantanoso. El estudio de las varias rocas y tierras que se encuentran, su formación, y la relación entre ellas se llama geología, siendo ésta la base de geografía. Los temblores, solevantamientos y hundimientos del terreno, el clima, las lluvias y los vientos, latitud, el sol, y aun la luna que influye sobre las mareas, vientos y el clima, forman un conjunto que afecta la superficie de la Tierra, cambiándola de siglo en siglo y de año en año. Originan, o ayudan en la formación de cordilleras, mares, rios y desiertos; en ciertos puntos han ayudado a formar barreras que los hombres cruzan solamente con mucha dificultad, llegando a ser aceptadas como linderos de naciones, provincias y propiedades. El estudio de estas grandes formaciones o divisiones de la Tierra se llama geografía, no siendo defícil comprender que la geografía, la forma superficial, y la geología, la anatomía del mundo, deben ser estudiadas en conjunto para bien entender la una y la otra.

Una cordillera de tierra blanda, en una región de mucha lluvia sería curiosa, y probablemente muy poco duradera porque la tierra blanda es lavada facilmente por el agua. Sabemos pues, que las cordilleras grandes son de roca dura, aunque no las hayamos visto, y siguiendo las comparaciones llegamos a entender que no es posible una condicion geográfica en contra de la formación geologica. Pues bien, la topografía es la geografía aumentada a una escala que se pueda estudiar detalladamente. Es, se puede decir, el estudio meticuloso de la geografía exacta, y siendo asi uno comprende que una falta de acuerdo entre topografía y geología es imposible. Acordán-

dose de esto puede hacerse el reconocimiento y los estudios siguientes con mucha mas libertad y claridad de pensamiento, porque se sabe en términos generales lo que se debe encontrar.

El estudio preliminario es, al fin y al cabo, para hacer un mapa topográfico, no de una región, pero si, de una faja de terreno por donde tiene que pasar el trazo definitivo.

Los datos topográficos deben llegar hasta el horizonte, y mostrar por donde pasará el trazo final, y ademas, por donde no debe pasar. Esto no quiere decir que es necesario buscar curvas de nivel y datos precisos sobre todo el campo visible, pero si, que el mapa sea exacto hasta la distancia necesaria, digamos cien metros a cada lado de la línea en casos excepcionales. Afuera de la zona mencionada un cróquis es bastante. El autor no emplea mas que media hora en todo el día para agregar los datos necesarios para continuar el mapa unos kilómetros a cada lado del trazo, o faja de datos relativamente exactos.

Esto no indica que el autor toma los datos con mas rapidez que lo que son tomados por otros, mas bien siendo una indicacion aproximada de la manera en que los toma. Una nota diciendo que hay un arroyo a dos kilómetros en cierta dirección magnética, que la inclinacion del terreno es de tantos grados, mas o menos regular desde el trazo hasta el lecho, ayuda mucho en la construcción del cróquis.

La dirección magnética a un cerro, o a una casa, u otro punto conocido, tomado varias veces durante el dia, mientras que uno pasa por estaciones distintas en la línea, forman un esqueleto del territorio general, así facilitando la conección del mapa del trazo con los emitidos por el Gobierno.

Los datos del topógrafo deben inclúir los puntos de interseccion de las cercas entre los campos, y la dirección de los linderos, los nombres y las direcciones de los dueños del terreno, la situación de todas las construcciones, con bastantes detalles y dimensiones para formar una idea del costo y si es necesario destruírlas para la construcción de la línea. La situación de todas las casas dentro de una distancia razonable es importante porque puede afectar la colocacion de los campamentos futuros. Siempre es de interés la clase del terreno y la vegetación que lo cubre, para determinar el valor de la propiedad que se propone obtener para derecho de vía, y el trabajo requerido para desmontar y limpiarlo. Tambien el topógrafo debe indicar si es arable el terreno, o pedregoso; si tiene pasto, bosques o plantaciones y

si las quebradas o zanjas indican que hay roca cerca á la superficie. Si es que la roca está descubierta, entonces la elevación será determinada.

Si no es visible la roca en las quebradas es posible, a veces, determinar su profundidad por medio de pozos, ya sea los de los vecinos, ya sea otros hechos a propósito. No es posible enumerar todos los datos geológicos que son interesantes, ni aun los necesarios, pues el buen topógrafo y nivelador no pasará por alto ninguna oportunidad para aventajarse de los datos disponibles, porque son sumamente necesarios para poder fijar las razantes, hacer el presupuesto, y determinar el origen de las piedras y arenas que se usarán en la construcción.

El mapa debe mostrar el sistema de drenage del territorio con una aproximación del area servido por cada curso de agua que cruza el trazo estudiado. Esto es para facilitar los presupuestos para puentes y otras aperturas. Señas de aguas altas, como resacas, son muy importantes porque ayudan a determinar la luz, o claro, en cado caso. Una descripción detallada del fondo del arroyo, y la cuenca desaguada siempre acompaña un estudio definitivo, pero no se acostumbra entrar en tantos detalles para lineas preliminares. Las indicaciones salientes pueden ser obtenidas pero siempre deben aparecer en la forma de un estudio mas completo, para no perder el trabajo hecho, si es que llega a ser aceptada la línea como definitiva. La manera en que se hacen los estudios completos está descrita en capítulo dedicado al trazo definitivo. El trabajo que consume la mayor parte del tiempo del topógrafo es la determinación de la posición de las curvas de nivel, raras veces llamados cotornos, y haciendo el croquis correspondiente en su libro de anotaciones. Este cróquis se hace en el campo siempre que sea posible hacerlo así, para poder corregir errores, si aparecen.

Hay varios métodos para determinar las elevaciones del terreno al lado del trazo, y fijar las curvas de nivel. Una curva de nivel es una línea imaginaria que puede tener cualquiera dirección, siempre que nunca salga del plano horizontal, y siempre que vuelva a unirse sobre si misma. La superficie de un lago es nivel u horizontal. Si la elevación del agua es 1,000 entonces cualquier punto tocado en la orilla por la superficie del lago está sobre la misma curva de nivel, 1,000. Si el agua baja un metro justo, la orilla nueva puede ser paralela a la orilla anterior, o puede ser lo contrario, pero representará en todos los puntos, la

curva de nivel 999. Bajando otro metro descubre la curva de 998, y así hasta que no hay mas agua en el hoyo, o cuenca, del lago, pero las curvas de nivel siempre representarán las varias alturas marcadas por el agua. Si desaparece un lado del lago, resulta un valle, pero las curvas de nivel de los lados firmes del lago no cambian su posición.

Ha sido tomado como ejemplo, y para definir "curva de nivel" una diferencia de elevación de un metro, pero esta diferencia se usa solamente en terreno muy plano, o en estudios de terrenos valiosos. Si son ondulados los campos por donde pasa el trazo, o aun un poco quebrado, el intervalo es dos metros, por lo general, y entre peñascos y cordilleras muy inclinadas se suele adoptar una diferencia mayor.

Los métodos usados para obtener los datos varían mucho, pero si es probable la construcción de la línea, el sistema mas corriente es por medio del nivel de mano. En este sistema el topógrafo obtiene del nivelador una lista de las alturas de las estaciones, fondos de los arroyos, y puntos altos de las lomas, anotandolas en su libro, y siempre teniendo bastantes datos adelantados para un dia de trabajo. Estos datos son puestos en el libro por el portamira del topógrafo, el otro portamira leyéndolos de los datos verificados del nivelador. Los libros del topógrafo son formados de papel cuadriculado para que no se necesite escala para dibujar en el campo. Nunca se debe dejar una estación hasta que se haya terminado su cróquis hasta ese punto.

Si por ejemplo la elevación de la estacion "O" es 210.00, es claro que la curva de nivel "210" pasa por ese punto. La distancia vertical a la curva "208" es dos metros, y el topógrafo ocupa la estación con su nivel en la mano, y la cinta al lado de su pié. Si la altura de su ojo es un metro sesenta, entonces la elevacion de su ojo es 211.60 y para encontrar la curva "208" es menester que lee tres metros sesenta sobre el estadal. Fijando el punto así, y tomando la distancia por la cinta, siempre en dirección normal al trazo en la estación considerada se determina un punto en el locus de la curva de nivel. El portamira no mueve su estadal so pena de perder la elevación, pero el topógrafo camina hácia el portamira hasta pasarle y llegar a un punto donde su ojo tenga la misma elevación como el pié del estadal, segun la indicación de su nivel de mano. Habiendo traído la punta de la cinta consigo se mide la distancia entre él y el

portamira, agregándola a la que tomaron ántes. Para localizar la curva "206" se lee dos metros, y cuatro metros para la curva "204." El sistema es sencillo, y la manera de obtener las curvas mas altas que la estación ocurrirá a cualquiera.

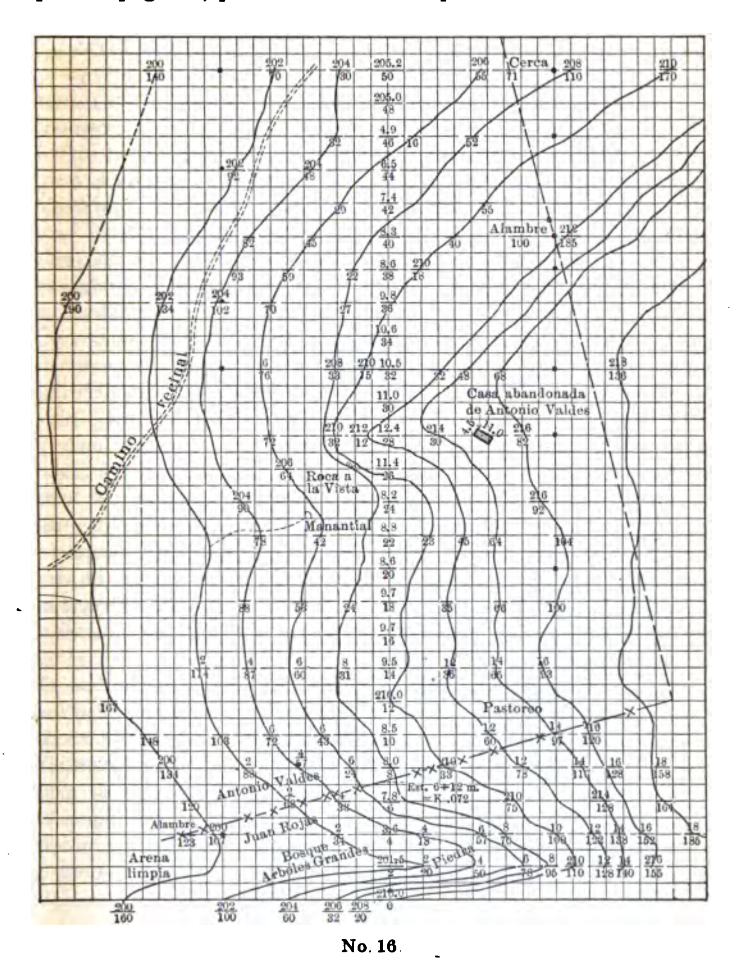
Si la elevación de la estación siguiente es "201.50," sabemos que el terreno baja longitudinalmente a razon de ocho metros cincuenta centímetros en veinte metros, o sea dos metros en cuatro metros setenta. Si no es regular la inclinación entonces será necesario medir la distancia a cada curva de nivel, pero si es regular, el topógrafo puede calcular que la curva "208," que fué encontrada a un lado de la estación zero, cruza la línea en zero mas cuatro metros setenta, que "206" cruza en zero más nueve cuarenta, etc. Habiéndose determinado los puntos, y fijándose en la formación del terreno, se puede trazar la curva de nivel, o sea la linea de constante elevación sobre el mar. Las medidas tienen que ser tomadas normales a la línea, como hemos mencionado, y el dibujo concluído inmediatamente para evitar el peligro de errores.

Dos elevaciones no pueden existir en un solo punto. Luego se comprende que la intersección o cruzamiento de dos curvas de nivel es imposible. Si hay una curva de doscientos y otra de cien, es claro que existe entre ellas otra curva de ciento cincuenta, asi como una infinidad de curvas de variación pequeña en altitud. Resulta que la curva "200" no tiene punto para terminarse sino sobre sí misma, aunque puede tener una longitud muy grande. Por ejemplo, la curva de zero, o marea media en Antofagasta, sigue la costa al sur, pasa por Pernambuco, Canada, Alaska, California y Panamá y vuelve a llegar a Antofagasta, porque no hay otra salida. Conviene acordarse de ésto, pues ayuda a evitar errores en el campo.

Tan pronto como sea obtenida la distancia normal a la curva debe ser inscrito en el libro para no olvidarla, siguiendo la forma indicada en la página siguiente para que el dibujante no tenga que escalar las medidas cuando desee transferirlas al mapa o plano.

Esta hoja del libro de un topógrafo es muy aproximadamente veinte por veinte y seis centímetros, y las divisiones son de cinco milímetros. Es el tamaño típico de papel para escribir en máquina, y se presta facilmente a ser archivado. Es claro que semejantes datos pueden ser escritos en papel de cualquier tamaño pero siempre es mejor tener la menor variedad posible para las medidas de libros, papel, sobres y archivos.

No ha llegado a ser costumbre general usar hojas sueltas para topografía, pero no cabe duda que facilita mucho el tra-



No. 16

bajo de gabinéte. No son como los datos tomados por otros ingenieros, relativamente fáciles a copiar, y es una molestia

grande tener que buscar entre mucho libros para encontrar datos continuos. Usando hojas sueltas el dibujante puede hacer el trabajo en el dia sin tener los libros en desorden, mientras que la única manera de evitarlo con libros encuadernados es hacer el trabajo en la noche.

Ha sido considerada solamente la manera mas fácil de tomar los datos en el campo, es decir, con nivel de mano, cinta, estadal y un portamira, o ayudante, y un cróquis del terreno, y la forma mas aceptable para presentarlos, al dibujante. A veces, aun, el topógrafo toma los datos solo con nivel de mano, midiendo las distancias por medio de sus pasos. Es muy bueno este sistema si las inclinaciones del terreno son suaves, o el material de tierra blanda donde los cortes serían baratos, y el topógrafo una persona de mucha práctica. Si no es muy entendido este miembro de la comisión es mejor tomar los datos con más precisión, porque resultará la probabilidad de mayor economía en la construcción. El costo adicional es el portamira, y la pérdida de tiempo que gastan en medir con más precisión, digamos diez por ciento. Si el topógrafo tiene sueldo de $100 por mes y cuesta $20 para mantenerle, y el portamira gana $40 por mes, más $20 de mantención, entonces el gasto adicional es 120×10 por ciento o sea $12, mas $60, o sea $72 (dolares) por mes. Si cuesta $0.25 para mover tierra blanda, es solamente necesario disminuir el costo de construcción trescientos metros en un tramo de línea que ha sido estacado en un mes. Si es roca el material, serían mucho menos los metros cúbicos que cubrirían el costo adicional.

Hay, por desgracia, muchos ingenieros que basan su reputación sobre el hecho de haber terminado estudios definitivos por menos dolares por kilómetro que cualquier otro ingeniero que ellos conocen. Dirán, por ejemplo, que en los Estados Unidos hacen estudios en terreno muy dificil a razon de $60 por kilómetro. Es claro que han sido terminados algunos estudios en ese precio, y que, despues, otro ingeniero ha tenido que hacerlos de nuevo, o el costo de construcción ha sido mayor que el debido.

No digo que están equivocados en el cálculo del costo de los estudios, lo que creo es que cuentan el costo solamente como el dinero gastado en el campo cuando pasan una sola véz, y no cuentan las revisiones necesarias.

Si hay importancia en obtener el mejor trazo que ofrece la

zona no cabe duda que es importante obtener los datos con bastante exactitud para poder proyectar la línea y saber que se va a encontrar lo que indica el mapa topográfico. Hay límites de la exactitud que demandan las condiciones dadas, paro la obligación de leer ángulos hasta minutos y menos, y nievles dentro de un error máximum de unos pocos centímetros en un kilómetro no corresponden con la adivinanza de los datos topográficos.

Si es que la línea es una preliminaria entre muchas, y la idea es solamente determinar si el estudio definitivo debe seguir una ruta general, ú otra, entonces todo el trabajo puede ser hecho con mucha más lijereza, y para terminar el trabajo topográfico toda la comisión puede separarse en grupos de dos o tres para tomar datos, ya sea con nivel de mano y cinta, ya sea con una tabla medidora de taludes.



No. 17.

La tabla tendrá de largo, digamos, cuatro ó cinco metros con las medidas marcadas cada diez centímetros. La parte inferior será plana, y paralela a esta plana, pero debajo del mango, debe ser colocada una burbuja para marcar inclinación zero, o sea nivel. En el centro del mango se coloca una aguja hecha de alambre que puede girar. Cuando la tabla está nivelada la aguja indica zero inclinación en el arco pintado sobre la tabla. Cuando la tabla está inclinada la aguja indica los grados, de inclinación. Es claro que la medida tiene que ser hecha en la línea inclinada, y las subidas o bajadas se determinan por una tabla de senos de ángulos, ó aun mejor, por una saltaregla. El topógrafo indica la dirección normal al trazo y el portamira lleva la tabla midiéndo hasta un punto donde cambia la inclinación del terreno, avisando al topógrafo que, por ejemplo, hay una inclinación de 11½ grados para una distancia de treinta y siete metros, o lo que sea. El topógrafo entonces hace la anotación

$$\frac{+11\frac{1}{2}^\circ}{37}, \quad \frac{+17^\circ}{14}, \quad \frac{+9^\circ}{42}, \text{ etc.}$$

Si son tomados los datos en esta forma, es claro que no es posible hacer el mapa en el campo, porque no es posible hacer

las reducciones sin perder mucho tiempo, pero si es posible agregar un cróquis general mostrando los pequeños cursos de drenage, para que las curvas sean colocadas en la posición debida.

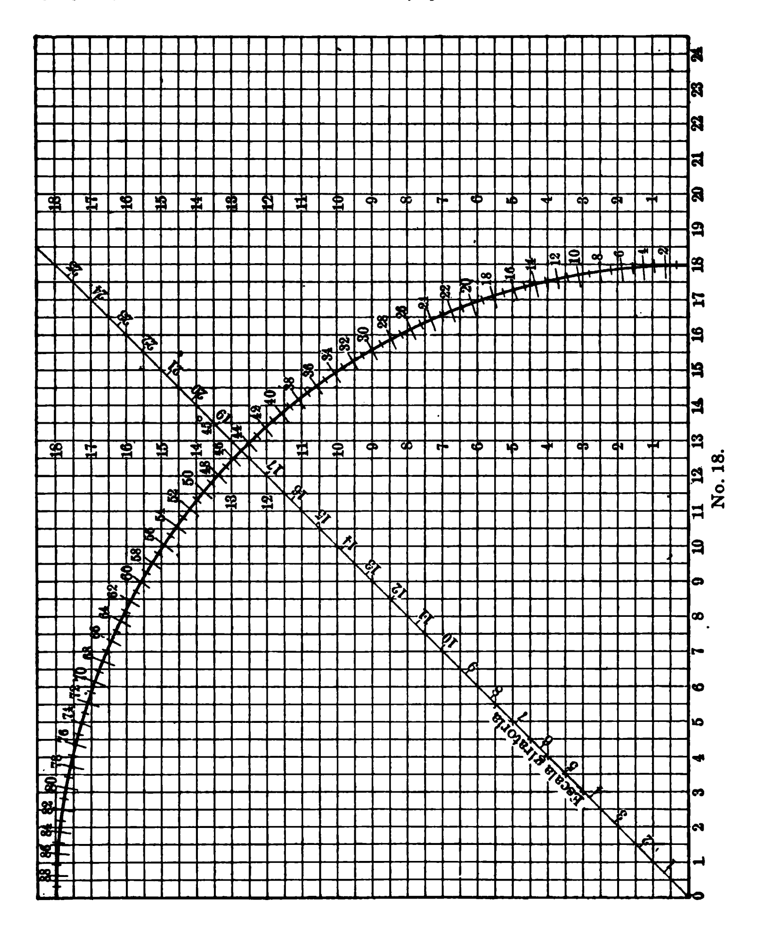
Cuando llegan a la oficina, o campamento, es necesario hacer las reducciones y construír el mapa, pero no se pueden transferir los datos directamente del libro de campo al mapa. Es preferible transferirlos a un libro especial de topografía, en este caso por ejemplo, si es que el terreno sube, anotar que las elevaciones son:

tinta	lapiz	tinta	lapiz	tinta
$\frac{+7.4}{36}$	$\left(\frac{+4.1}{13.5}\right)$	$\frac{+11.5}{49.5}$	$\left(\frac{6.4}{41.5}\right)$	$\frac{+17.9}{91.0}$

es decir, son mas altos que la estación tomada como base. No serían escritos 7.4; 11.5; y 17.9 solamente, mas tambien la suma des estos números y la elevación del eje. Si la estacion considerada está 231.1 metros sobre el mar la anotacion final seria $\frac{238.5}{36}$, $\frac{242.6}{49.5}$, $\frac{249.0}{91}$. Entonces el dibujante puede fijar los puntos de elevación conocida e interlinear las curvas de nivel.

Es mucho mas trabajo tomar los datos en este modo, pero a veces ayuda mucho a terminar el estudio en el campo, y si es la época lluviosa los ayudantes pueden reducir los datos en el gabinete cuando no les sería posible salir por causa de los malos tiempos. No deben ser reducidos los datos por medio de tablas y números, sino graficamente. Una escala de papel puede ser fijada a la intersección de ciertas líneas en papel cuadriculado, a escala correcta, y la base, o inclinación zero, ser marcada con tinta para no confundirla con otra. La escala horizontal indica las distancias horizontales, la escala vertical las medidas por arriba o por abajo, y en un círculo son marcados los ángulos. La escala movediza, o giratoria mejor dicho, tendrá las distancias marcadas y uno lee los datos del libro de campo y el otro coloca la escala al ángulo dado, fija en el punto de la distancia inclinada y lee la altura y distancia horizontal. La forma del diagrama mencionado aparece en la página siguiente. En dos horas dos personas aptas deben reducir todos los datos que dos personas pueden tomar en un dia. A la vez los datos son transferidos a su propio lugar para que sean continuos a lo largo de la línea.

Los números de las estaciones deben ser menores al pié de la página, aumentando hacia arriba, y los datos tomados a la



izquierda del trazo deben ser siempre anotados al lado izquierdo del eje longitudinal marcado en el libro.

Si la aceptación de la línea es dudosa, o si es un estudio rápido solamente, para probar que es factible la construcción de una

línea, como se suelen hacer para obtener una concesión, a veces basta tomar los datos topográficos per medio del taquímetro, y entonces es generalmente el primer ayudante que hace este trabajo. Esto es debido a que él debe tener mayor experiencia y mejor juicio pues el eje de la línea preliminaria generalmente conecta los puntos de mayor altura para poder ver mejor el terreno y son necesarios muchos datos e inútiles otros.

Despues de ocupar un punto y colocar su instrumento en posición debida, con la línea de colineación coincidente con el eje del trazo inmediatamente detrás del teodolito, y con el índice de ángulos sobre zero se mide la altura del telescopio sobre el terreno y entonces se toma y anota las lecturas por todos lados para determinar la formación del terreno. No se puede trabajar con un solo portamira, pues se necesita varios, cada uno con una bandera especial. El ayudante tambien tiene banderas de varios colores y por medio de señas convenidas indica a los portamiras que se alejen, acerquen, o que vayan de un lado a otro para colocarlos en los puntos gobernantes. Los apuntes se hacen en la forma mostrada en las páginas siguientes:

Cuando el estudio es hecho en esta forma el nivelador no levanta un perfil longitudinal con la misma exactitud que haría en un estudio para construcción. Sin embargo, son determinadas las elevaciones de los puntos ocupados por el teodolito con mucho cuidado porque sirven como bases de todos los estudios, no solamente de altitudes mas tambien de distancias que ejercen un control sobre las medidas longitudinales que toma el primer ayudante. Si hay mucha variación entre las diferencias de elevación obtenidas por el nivelador y el primer ayudante, se puede indicarla por parte de uno de ellos y la medida tiene que ser verificada con cinta y nivel. Ademas de los datos sobre las elevaciones de los puntos gobernantes el portamira mide las distancias por sus pasos y el nivelador toma algunas lecturas sobre el eje de la línea, pero solamente en puntos importantes para indicar en general por dondc cruza la línea las curvas de nivel. Tambien se anotan en su libro los nombres de los proprietarios, lá clasificacion del terreno, vegetacion y subsuelo, con una indicación que ayuda a determinar las aperturas necesarias para el agua. Habiéndose obtenido los datos en el campo es necesario traducirlos para el uso del dibujante. Es muy importante tomar en cuenta que esta clase de estudios no es exacta, y que el resultado, es decir la línea proyectada, no

es una línea que puede ser construida, sino una línea que con toda probabilidad, pueda ser encontrada en lo zona levantada. Como todo el estudio es una aproximación, es bastante exacto usar las tablas correspondientes para determinar las distancias y alturas laterales. Aun en muchos casos no vale la pena calcular las distancias horizontales si los ángulos verticales son diez grados o menos. Las tablas han sido calculadas hasta treinta grados con una diferencia de dos minutos.

Si hay ángulos encontrados que no aparecen en las tablas, los datos pueden ser reducidos en la forma siguiente: Distancia horizontal $= Cl \cos 2a$; Distancia vertical $= \frac{Cl \sin 2a}{2}$, cuando a es el ángulo vertical, "l" la lectura, o la distancia interceptada sobre el estadal, y C la relación constante del instrumento, aqui considerado como cien.

Para cálculos mas exactos sería necesario agregar la distancia focal del instrumento, que generalmente se marca en la caja, pero no es muy importante considerar este factor para trabajos topográficos. Si es que no se encuentra en la caja es facil determinarlo, midiendo unas cuantas distancias del instrumento y tomando una vista a nivel sobre ellas. Siempre habrá un error aparente entre la distancia medida y la distancia leída por el instrumento, y este error aparente debe ser constante e igual a la distancia focal del instrumento.

Si es posible conviene usar ángulos que terminan en las divisiones que se encuentran en las tablas, para obviar las interpolaciones en la oficina. Tambien conviene fijar el hilo de en medio sobre un punto en el estadal que tenga la misma altura sobre el terreno como tiene el eje horizontal del telescopio, para disminuír el número de cálculos necesarios.

Se nota que hay necesidad de ocupar mucha gente en esta clase de trabajo y despues de terminar los estudios en el campo uno puede decir que solamente ha empezado su tarea. Por cada punto que se determina en el campo es menester desde diez hasta quince operaciones que envuelven la lectura de ángulos medidos con mucho cuidado, el cálculo de reducciones con fracciones largas, y feliz es el hombre, ademas de ser muy adepto, que hace todo sin equivocación.

Bajo ciertas condiciones un ingeniero solo puede aprovechar de este sistema, si por ejemplo tiene que pagar muchos gastos de transportación para llegar al trabajo y si es muy costoso sostener

a la gente que le acompaña, pero no es un sistema, ni para lugares muy habitados, ni en terreno por donde sea posible fijar el trazo con aproximación. Cuando uno toma datos con taquímetro no es raro tomar hasta doscientos metros a cada lado del eje para asegurarse de poder proyectar la línea en la zona mapada, y de vez en cuando una lectura hasta trescientos metros, o más, es interesante para indicar la condición topográfica en general.

Si es que se sigue una pendiente dada no es necesario tomar mas que cien metros a cada lado porque puede mantenerse en la posición aproximada por medio del nivel del instrumento.

Las lineas estudíadas siempre son medidas horizontalmente, y para poder hacer referencia á cualquier punto es necesario que la numeracion de las estacas, ó estaciones, sea continua desde el punto de partida hasta que termina el estudio.

La primera linea empezada en un estudio preliminar es marcada *A* generalmente. Si sigue ésta linea troncal hasta el fin del estudio sin cambio ninguno, entonces no habrá necesidad de usar otra letra, pero si uno desea estudiar un variante en cualquiera parte, debe marcar las estaciones de la variante con una letra distinta para que no haya confusion.

Suponiendo que la estacion A636 es el punto de partida de la primera variante, entonces tendrá dos numeros; $A636 = B636$, porque la distancia desde el origen hasta el punto de variacion seria la misma, sea elejida una ú otra de las variantes. Otra razon en marcarlas asi es para que no haya duda de que parte del trazo ha sido estudiado por dos variantes, ni para determinar en que parte del trazo se encuentra la variante *B*.

Porsupuesto, casi nunca tendran la misma longitud las dos variantes, y pueda ser, por ejemplo, que el punto de conexion donde termina *B* es $B954 = A972$. Inmediatamente es sabido que la linea *A*, en tal caso, tiene dieziocho estaciones mas que la linea *B*, resultando mas larga por esa cantidad. Bajo las condiciones dadas se puede obtener la diferencia en longitud por medio de un solo cálculo, asi facilitando el trabajo y eliminando hasta donde sea posible las posibilidades de error que habria si fuera necesario calcular la longitud de cada linea y despues la diferencia entre las longitudes calculadas.

Siendo necesario hacer otra variante en cualquier parte de la linea, la letra *C* seria usada, y despues sigue la letra *D* y demas letras del alfabeto con la excepcion de *I*, *K*, *L*, *LL*, y *P*. Estas

letras son reservadas para otro uso ó en algunos casos no son usadas para nada. La *I* no se usa porque es demasiado facil confundirla con el numero uno. *K* es usada para indicar "Kilómetro ....," *L* se reserva para indicar "Localizacion definitiva," *LL* no se usa porque estaria confundida con *L*, y *P* se reserva para el verdadero preliminario, ó trazo proyectado en definitiva la primera vez. Siempre es necesario cambiar algunos detalles de un trazo antes de construir la linea y es mejor no usar *L* hasta que quede bien definida la linea que será construida.

Una estacion, asi llamada, contiene veinte metros y la cinta ó cadena que usan para medir deben tener esta longitud, pero las estacas no son enumeradas consecutivamente. El punto de partida es zero (0), y la primera estaca, que dista veinte metros, es marcada dos (2), la siguiente, cuatro (4), y siguien (6), 8, 10, 12, 14, etcetera. No es costumbre marcar el zero que indica la distancia verdadera pero uno lo agrega si quiere saber la distancia recorrida en metros. La estaca 722, por ejemplo, dista 7,220 metros del punto de partida. Si uno desea saber el numero de kilometros recorridos no es necesario hacer mas que introducir un punto decimal separando los dos ultimos numeros del lado derecho del numero de la estacion. En el caso dado el kilometraje seria 7.220.

Para cubicar la tierra que proponen mover, los ingenieros calculan una seccion transversal en cada estacion, y multiplican el promedio de dos secciones siguientes por la distancia entre ellas. Si *A* indica el area normal á una estacion, y *A′* el de la siguiente, entonces el cubo es $\frac{(A+A')\times 20}{2}=(A+A')10.$

El calculo, pues, es sumamente facil si las estaciones son de veinte metros, y uno no hace mas que sumar las dos areas, coloca un punto decimal, asi multiplicando por diez, y está terminada la operacion. Todas las tablas ó diagramas que ha preparado el autor han sido hechas sobre la base de estaciones de veinte metros de largo.

Los puntos ocupados por el teodolito, ó para determinar la linea con exactitud, son marcados con una estaca en forma de trompete, mas ó menos cinco por cinco centimetros cuadrados y del largo necesario, pero generalmente de quince hasta veinte centimetros en esta dimension. Debe ser bien enterrada hasta que tenga, digamos, un centimetro debajo del terreno a los dos lados. El verdadero punto, entonces, es marcado con una

tachuela o clavo fino, preferiblemente una que tenga una cuenca encima, para que la bandera sea colocada con mas facilidad.

La estaca enterrada no tiene números ni otras marcas que la tachuela, pero una estaca alta al lado, comunmente llamada la estaca guardian, tiene los numeros y letras que indica la estacion, la linea, la clase del punto, es decir, *P.I.* si es punto de interseccion de dos tangentes, ó dos tangentes prolongadas, y los demas datos que sean importantes para que cualquiera pueda entender para qué ha sido colocado. *P.C.* indica punto de curva, es decir, donde empieza una curva. *P.T.* indica el punto donde termina, ó sea el punto de tangencia. *P.O.T* indica que es un punto intermedio en tangente, ó linea recta, el zero en medio indicando que sigue la tangente sin cambio ninguno.

P.O.C indica un punto intermediario en curva, es decir un punto hasta donde fue necesario mover el instrumento, pero sin cambio de alinamiento ninguno.

En los estudios netamente preliminarios es costumbre marcar los puntos en donde introducen angulos, con un triangulo equilateral, Δ, porque en estos estudios no es costumbre estacar las curvas, sino introducir angulos de tales valores, y en puntos separados por tales distancias, que sera posible introducir las curvas que sean convenientes en la linea *P*, ó sea la linea proyectada.

La estaca guardian debe estar á una distancia de treinta centimetros del punto verdadero, normal á la linea, y al lado derecho si el terreno no indica otra cosa, ó si el angulo, ó curva, es hacia la izquierda. Solamente en otros casos es mejor poner la estaca guardian al lado izquierdo. Esto es porque la mayoria de las personas usan la mano derecha con mas facilidad que la mano izquierda, y usando esa mano, es mas facil mantener el libro en la mano izquierda, pero al lado derecho del cuerpo. En esta posicion, uno puede inclinarse con mas facilidad á la izquierda que á la derecha, siendo plano el terreno, pero estando en una posicion sobre terreno muy inclinado á la izquierda, es mas facil inclinar el cuerpo hacia el derecho, para ver las marcas en las estacas puestas al lado izquierdo.

Las estacas deben ser marcadas con algun material que no desaparecerá con facilidad. Las lápices usadas por los carpinteros no son muy buenas porque las lluvias borran todas las señas en muy poco tiempo. Hay una piedra roja comunmente llamada Kiel, y es muy duradera. Esta está de venta en

algunas de las ciudades de Sud- y Centro-America, pero no en todas. En Mexico, Cuba, y Norte America es muy facil encontrarla, asi como en Europa. Si no es disponible Kiel entonces se puede optar alguna otra manera de marcar las estacas. El autor no recomienda especialmente la costumbre que existe en algunas partes de quemar los numeros en las estacas, porque seria sumamente costoso en las partes donde el obrero es costoso, pero si es que la gente empleada para hacer esta clase de trabajo ganan una suma insignificante, y la linea tiene que servir como base de estudios muy lejanos, por lo menos vale la pena considerar esta idea.

Otra manera no desconocida es gravar las estacas con los numeros correspondientes con un cuchillo, pero para esto es necesario obtener un hombre que pueda hacerlo sin hacer á los demas de la comision perder su tiempo. Pocos pueden hacerlo con bastante rapidez para andar parejo con los cadeneros, y si los grava es necesario hacerlo de noche, teniendolas preparadas para el dia siguiente.

Otra manera aun mas facil que gravarlas, es pintarlas con un pincel fino, pero siempre resultará mas satisfactorio usar *Kiel* si está disponible.

Como el trazado definitivo es marcado negro en los planos porque ese color sale mejor cuando se hace copias azules y las lineas preliminarias rojas, es bien llevar el mismo sistema en el campo, marcando las estacas en colores correspondientes, para que haya menos confusion. Siempre lo que busca el buen ingeniero es sencillez, eliminacion de errores, claridad de todo punto discutible, y la reduccion del trabajo al minimum para obtener el resultado deseado.

Cuando el ingeniero sale de sus clases no es dificil que esté ofuscado con tantas instrucciones que ha recibido, y le seria útil acordarse aun en su vida entera, que en la ingenieria, claridad, sencillez, trabajo concienzudo, y sentido comun, son los pasos á los premios mayores.

TRABAJO DE GABINETE

El trabajo hecho en la oficina requiere mucho cuidado, y antes de discutirlo detenidamente no está demas considerar ciertos detalles que afectan a las tareas cotidianas, aun que no forman parte de ellas.

Los instrumentos de dibujo se mantienen limpios, en ajuste debido, afilados, y siempre en su propio lugar. La regla de acero se cuelga verticalmente cuando no está en uso para evitar dobleces. Si hace mucho frio todas las botellas de tinta se guardan envueltas en algodon, y enterradas en un cajon dentro de la carpa donde no hay peligro de machucarse. Cuando hay una botella de tinta en la mesa siempre estará puesta la tapa excepto cuando se saca la tinta, y entonces uno toma la botella en la mano para que no caiga nada encima del mapa ú otros documentos valiosos, volviendo a taparla en el acto.

Para hacer mapas deben usarse lápices de (6) HHHHHH, para los libros de campo (4) HHHH, y para cálculos en la oficina (2) HH. Si el papel suministrado en los libros de apúntes es de una clase muy inferior, entonces pueden usarse lapices de (3) HHH en el campo, pero ni deben ser de mala clase los libros ni los lápices tan blandos que obscurescan los apuntes.

En muchos casos es costumbre usar lámparas de petroleo para iluminar las carpas, ú oficinas. Estas se apagan completamente y se colocan en el suelo cuando todo la gente sale porque el viento puede volcarlas ó hacerlas humear, así esparciendo hollín sobre los documentos y arruinando el trabajo de muchos dias.

El dibujante, y cada persona que tenga una mesa para trabajar en la oficina, necesita una cubremesa, colocandola cada vez que sale, aun si sea por unos momentos.

Cada comision de ingenieros llevan un cajon especial llamada "caja de papeleria." Esta caja es bastante larga para acomadar el rollo mas largo que sea necesario. Si el papel es de noventa centimetros, la caja puede ser de un metro. Es dividida en seccions, la parte inferior siendo para guardar los mapas y planos grandes, asi como el papel en blanco para ellos.

Las camas que estan en la oficina, asi como las de otras partes, se arreglarán antes del desayuno, y cada cosa estará en su lugar debido cuando el trabajo del dia empieza. La vida de un campamento es dificil pero no hay nada que tanto hace á uno perder confianza en un ingeniero como llegar á su carpa y encontrar las cosas en desorden.

Trabajos Técnicos

1. La historia del trabajo se detallará en el "Diario," un libro igual ál que usan los ingenieros en el campo, para que puede ser archivado con ellos. Este libro contendrá datos sobre el tiempo, lluvia, viento, nubes, ó sol, y temperatura, las fechas en que entran ó salen del trabajo los miembros de la comision y todos los empleados, dias de correo, informe de trabajo hecho cada dia con los gastos correspondientes, y todas los detalles interesantes, ó que ayudan á uno rendir informes inteligentes del progreso y costo del trabajo. Tambien contendrá el numero de cada libro de campo, y oficina, indicando á que fué destinado. Este indice aparecerá en la parte trasera del "Diario" ó en un solo libro aparte. El encargádo dará los datos que ha podido obtener del tráfico probable, comprobando si es posible, los que ha suministrado el encargado del reconocimiento.

2. El verdadero trabajo tecnico empieza con el mapa que sirve de guia. Es de suponerse que la comision está dotada de los mejores mapas disponibles de la zona, con la ruta general marcada, asi como las instrucciones del ingeniero que hizo el reconocimiento. Del mapa general el dibujante puede determinar aproximadamente la direccion y angulos principales del trazo, y empezar su mapa ó plano detallado en tal posicion que no saldrá del papel en poca distancia.

3. *Asegurarse tener completos los datos del campo, y comprobar los calculos hechos por el primer ayudante, en su cartera del trazo. Calculo de los datos taquimetricos, empleando tablas para los importantes, y graficos para los puntos de relleno. Se tomará como cota del punto de estacion la que da el nivelador.

4. Confeccion de los planos del estudio. Son dos los mapas que deben tener hechos hasta el dia, uno general á escala de uno

* "Nota.—Estas instrucciones son basadas en las de los Ferrocarriles del Estado de Chile, y las de los Ferrocarriles Nacionales de Mexico, pero diferen de cada una en algunos detalles."

en cincuenta mil, si el terreno no es sumamente quebrado, y el otro detallado, á uno en cuatro mil. En las cordilleras el autor usa hasta uno en un mil para el estudio detallado del proyecto pero el mapa general no tiene que variar de la escala mencionada, siempre que las autoridades no exigen otra cosa.

La parte superior del mapa debe representar ó el norte ó el poniente, el papel usado puede ser lo que nombran "Manila," amarillo claro, y de muy buena clase. El papel blanco cansa mucho á los ojos de uno, aunque es usado en algunos casos para mapas de escala muy pequeña que seran presentados á los altos oficiales de la empresa o Gobierno. Algunas empresas exigen ciertos tamaños de papel para facilitar el archivo de los planos, pero en casos ordinarios es bien tomar en cuenta las medidas disponibles en papel y tela para calcar, tela cuadriculada para perfiles, y papel para dibujar, eligiendo los tamaños que mas convienen entre si, y con las condiciones topograficas, y las exigencias del Gobierno en cuanto se refiere á este asunto. Si por ejemplo el territorio estudiado es muy plano, y las lineas, mas ó menos rectas, no es necesario que sea muy ancho el papel y en ningun caso debe ser mas ancho que un metro si no pretenden dividirlo. Setenta ó noventa centimetros resulta muy bien entre condiciones generales, y el autor prefiere rollos, cortandolos cuando sea necesario, por ejemplo donde empieza una seccion y termina otra. La tela blanca para planos y cuadriculada para perfiles puede ser un poco mas ancha que el papel de dibujo, ó sea hasta un metro. Esta medida tambien se ofrece especialmente para dividirse en tres, en acuerdo con los deseos de algunos Gobiernos para tamaño de perfiles oficiales.

El plano general contendrá las siguientes indicaciones, ó datos:

a) Trazado general de las lineas y sus dependencias, con el kilometraje anotado cada cinco kilometros;

b) Cursos de agua, rios, esteros, canales, quebradas, y lagunas;

c) Provincias, Departamentos, Comunas, poblaciones, usinas, y propiedades importantes;

d) Las ondulaciones generales del terreno;

e) Todos los datos importantes para conectar el plano con cartas fomadas por otras oficinas;

f) Las cotas de los puntos mas importantes, tanto las del proyecto como las del terreno, que puedan servir para justificar el trazado aceptado.

g) Ademas del titulo, caratula, fecha, nombre de empresa é ingeniero, que tienen todos los mapas, contendrá una escala especial mostrando la medida de kilometraje.

5. Perfil general de la rasante, en escala horizontal igual á la del plano general, y á escala vertical igual á veinte veces mayor que la escala horizontal. Esta es la relacion de los perfiles usados en el trabajo, que son de cuatro mil horizontal y doscientos vertical.

6. Plano detallado para la proyeccion de la linea. Hemos notado anteriormente que la escala de este debe conformarse con el terreno, digamos, uno en cuatro mil para terreno relativamente plano, uno en dos mil para terreno relativamente quebrado, y uno en un mil entre peñascos, barrancas, y lugares muy accidentados. Muchas veces el uso de una escala de uno por mil conduce á introducir demasiada curvatura, aunque no seria usada sino en terreno de los mas dificil donde el costo de construccion variase mucho con cambios ligeros en el trazo.

a) Este plano contendrá los vertices y puntos de relleno de topografia, con sus cotas respectivas, inscritas con tinta negra. Porsupuesto si la topografia no ha sido tomada con taquimetro no existirá ningun punto de relleno.

b) El eje del trazo se marcará con lapiz. Los vertices y puntos de referencia llevarán su numero de orden en tinta negra. En los puntos de relleno para topografia, las cotas que hayan, se inscribirán aproximándolas al decimetro.

c) Dibujo de todos los detalles levantados en el terreno.

d) Curvas de nivel de dos en dos metros, dibujadas con sepia. Las que correspondan á cada decena de metros de altura se dibujarán mas gruesas que las demas, y se anotará en ellas, de distancia en distancia, la altura correspondiente. Si es que la topografia ha sido tomada por taquimetro se recomienda para el dibujo de las curvas de nivel el uso de un interpolador, pero si los datos han sido tomados segun el metodo recomendado anteriormente, las curvas pueden ser colocadas en el plano por medidas directas sin mas perdida de tiempo. Es de suponerse que el topógrafo llegará al campamento cada noche, y el, con el dibujante, deben colocar las curvas en el plano de una vez. Si los dos hacen el trabajo en debida forma será cuestion de una hora, hasta una y media, para poner el mapa en tal forma que el jefe de la comision puede tener su trabajo hecho hasta el dia. Nunca debe ser permitido que el trabajo de gabinete esté atra-

sado. Si es asi entonces los que estan en el campo deben esperar hasta que el dibujante termine su tarea, porque de otro modo el encargado nunca sabrá donde está, con relacion á elevaciones de pendientes, y distancia. Porsupuesto si la linea pasa por puntos obligatorios, o por una llanura donde la topografia no afecta mucho a los pendientes, es posible permitir un adelanto del trabajo de campo sobre el de gabinete, pero una condicion semejante es rara, como en las pampas de Argentina, ó en terreno de poca ondulacion.

e) Proyecto del eje rojo, con anotaciones del kilometraje, de cien en cien metros, los vertices, radios, angulos, desarollos, y tangentes de las curvas.

f) La linea de pendientes en tinta roja y linea cortada. Esta se trazará solo en terreno accidentado, donde servirá, tanto para proyectar el eje, como para justificarlo.

g) Ubicacion de todas las obras que se proyecten, siempre que su dibujo no dañe la claridad del resto del plano.

Hay varios metodos usados para la construccion del eje de un trazo. Por cada sistema hay argumentos en pro y contra, pero hay que tomar en cuenta que los mapas no forman el fin deseado, sino para ayudar á uno a trazar un ferrocarril en una forma economica. Especialmente importante es, tomar este en cuenta cuando se trata de estudios preliminares.

El metodo mas exacto es de coordenados, que sirven muy bien bajo ciertas condiciones, pero el costo comparativo de ellos es mucho, y no es necesario invertir el tiempo y dinero para ser mas exacto en el gabinete que en el campo, si no se exige por alguna autoridad. Porsupuesto, es mas seguro hacer el plano general por coordinados, porque las distancias son cortas y es dificil medirlas, asi como fijar los angulos con certeza. Sin embargo, si uno hace primero el plano de cuatro mil se puede transferir las lineas preliminares al de cincuenta mil prolongando los cursos principales hasta el limite de la regla de acero, midiendo las abscissa u ordinados, y usandolos en la construccion del plano general. El autor nunca ha reconocido la necesidad de usar coordinados para estudios preliminares, y prefiere hacer el mapa por medio de rumbos y cuerdas.

En las anotaciones del taquimetro se encuentran los rumbos astronómicos, ó calculados. Habiendo dibujado el meridiano en una parte conveniente del plano, se fija encima de este un transportador de mas ó menos treinta centimetros de diametro, y

hecho de papel para que puede ser mantenido en la posicion debida con chinches. El transportador tendrá marcado en si todos los grados y cuartos en el círclo, los numeros aumentandose en cada direccion desde el norte y sur, hacia el Este y Oeste ó sea á la derecha y á la izquierda hasta noventa grados. Si es que el ingeniero mide sus angulos en una sola direccion entonces el transportador seria marcado segun ese sistema. Despues de leer el rumbo de la cartera, uno coloca la regla sobre el centro del transportador y el angulo correspondiente. Entonces se traza una linea paralela á la regla, por medio de escuadras, que pasa por el punto donde empieza el curso considerado en el plano, comprobando el angulo verdadero por cuerdas, tangentes, ó un transportador transparente. El transportador grande no se levanta del meridiano hasta que la regla no alcanza mas, y entonces se coloca otro meridiano adelante, y paralelo al abandonado. Este sistema evita la acumulacion de errores angulares.

El uso de cuerdas es sumamente facil y debe ser usado siempre cuando las distancias son largas y cuando errores pequeños no tienen importancia, como en estudios hechos por el taquimetro solo, pues habrá errores mayores en el campo que en el gabinete. Si un angulo es formado por dos radios del mismo circulo la cuerda de ese angulo es la distancia recta subtendida entre las dos intersecciones de los radios con la circunferencia. Luego si el radio es uno, la cuerda iguala dos veces el sino de la mitad del angulo. Por ejemplo el sino de treinta grados iguala cinco decimos, y la cuerda de sesenta grados es diez decimos, ó uno. El uso de cuerdas no demanda mas instrumentos que una regla, escala, compas, y tabla de cuerdas ó sinos. Es preferible usar un radio de un mil para medir las cuerdas, para poder hacer los calculos mentalmente. No es preciso que uno use la misma escala del plano. Si es que ha sido trazada una linea AB, y se desea indicar un angulo al derecho de once grados del punto B, se ajusta el compas á una distancia de un mil, segun alguna escala, y lo coloca sobre B, trazando un arco al derecho un poco mas grande, á ojo, que los once grados. Entoncés se prolonga la linea AB hasta una interseccion con el arco, llamando este punto C. Se multiplica el sino de cinco grados treinta minutos por dos, obteniendo ciento noventa dos. Se ajusta el compas á esta medida, colocándolo sobre C, se traza un arco nuevo cortando el primero en un punto D, y con la regla se conecta B y D, la linea, ó direccion deseada. Si falta espacio para trazar

el arco adelante del punto *B*, ó si uno quiere evitar la prolongacion de la linea *AB*, el angulo puede medirse por detras y la linea deseada dibujada por delante. Aun si suena un poco complicado, vale una prueba el sistema de cuerdas, porque la práctica probará que es sumamente facil, bastante acertada bajo condiciones normales, y los calculos é instrumentos son reducidos al minimum. La prueba de cuerdas es por tangentes.

En el método de tangentes se prolonga el curso un mil, segun una escala conveniente, se erige una perpendicular con las escuadras, y se mide mil veces la tangente natural del angulo, asi construyendo la base y altura de un triángulo recto. La hipotenusa es la linea deseada. La prueba de este metodo es por medio de un transportador, cuyo uso es conocido por todos. Sin embargo, no está demas recomendar que se lee el angulo en los dos lados del instrumento para evitar errores debidos al encogimiento ó mala construccion del mismo, ó por haberlo colocado exentricamente.

La construccion del eje es muy sencilla, pero la reconstruccion de un mapa entero es muy costoso. Luego uno no puede permitir un error en el trazado del eje en el plano porque forma la base de todo el trabajo siguiente. Este esqueleto del mapa debe ser terminado cada noche, y lo mas temprano posible. El primer ayudante ó encargado del taquimetro ayudará al dibujante y entre los dos comprobarán los calculos de angulos, distancias, y rumbos. Tan pronto como terminan el dibujo del eje el encargado del taquimetro copiará sus datos en el libro de referencia que queda en la oficina, y el dibujante coloca en el plano los datos topograficos tomados durante el dia, si han usado el sistema recomendada en este texto. Con datos taquimétricos se demoran mucho mas, porque es necesario calcular los datos definitivos. Mientras que los dos ingenieros mencionados estan ocupados asi, el nivelador concluye su perfil y el encargado coloca sus rasantes provisionales, proyectando la linea final la misma noche. Habiendo terminado el perfil el nivelador, ó el portamira, lee las últimas elevaciones al topografo, ó á su portamira, para que los ultimos tengan los datos necesarios para el trabajo del dia siguiente.

El encargado es el último para terminar su tarea, y muchas mejoras serán hechas en el perfil despues, pero él tiene que saber cada noche, con cierta aproximacion, hasta que punto, y que elevacion ha llegado el estudio. De otro modo el costo es

aumentado demasiado. Es perdonable la repeticion de la recomendacion que cada encargado estudie los detalles con mucho esmero, para que el trabajo avance en conjunto, porque de otro modo llegará el dia cuando algunos tendrán que sentarse y esperar á lo demas, sin saber si avanzarán ó retrocederán para componer la linea.

Los perfiles son hechos en papel cuadriculado de noventa centimetros, ó preferiblemente, un metro, de anchura. Es cortado horizontalmente para formar un rollo de treinta á treintatres centimetros de altura. La escala horizontal es uno en cuatro mil, y la escala vertical uno en doscientos. Los numeros de las estaciones son verticales y colocados debajo de la linea que forma la base de elevaciones. La elevacion de esta linea se fija de tal modo que el perfil de la seccion correspondiente no la pasa por debajo. Este perfil tendrá todos los datos que influyen en la determinacion de las rasantes, con la excepcion de la topografia. Tendrá el punto y valor de cada angulo, marcado por el nivelador, el punto de interseccion con cada curso de agua, camino, ferrocarril, linea de telegrafo, tuberia, y las indicaciones de clasificacion de materiales asi como las aperturas aproximadas necesarias para que pase el agua debajo de la via. No se hacen los perfiles de estudios preliminares con tinta. Entonces el encargado proyecta el trazo definitivo sobre el plano, reduciendo los cortes y terraplenes, curvatura y distancia en cuanto sea posible, y rectificando las pendientes, para que se pueda dar las instrucciones debidas al primer ayudante en cuanto se refiere al trabajo del dia siguiente en el campo.

El dia siguiente el dibujante agrega todos los datos faltantes á los mapas, perfiles y libros. Cuando tiene su trabajo terminado hasta la hora, solamente entonces, se puede empezar el estudio de la linea proyectada desde el ultimo punto aceptado. En su perfil de la proyeccion, hecho con datos tomados del plano topografico, y basándose en los rasantes colocadas por el encargado, el dibujante determinará, por ojo, la elevacion de la formacion propuesta en cada estacion. Se busca esa elevacion en un punto en el mapa, normal á la linea proyectada en la estacion considerada, marcándolo con un puntito. En fin se conectan estos puntos con rayas de lapiz y la linea rayada y sinuosa asi obtenida es la que ni tiene cortes ni rellenos. Con un hilo negro y muy fino, se busca el mejor alinamiento que pueda ser encontrada, tocando al mayor número posible de las rayas de "trabajo

mínimo." El sabrá de antemano que cierto arroyo necesita una alcantarilla de, digamos, un metro, porque los ingenieros del campo habrán apuntado los datos aproximados y los habrán apuntado en el perfil provisional del trazo preliminar. Encima de la alcantarilla sería necesario, digamos, un metro de terraplen y con todo se puede calcular que el rasante debe estar, por lo menos, dos metros y medio arriba del lecho. Entonces se mueve el puntito agua abajo hasta encontrar terreno dos metros y medio mas bajo que el rasante. Sabe tambien que el terraplen tendrá que ser hecho de materiales excavadas, y si no estan demasiado lejos los cortes, se mueve el puntito ó raya opuesta á la loma un par de metros mas alto. Tanteando así, se obtiene la linea de menos excavacion y relleno pero no se puede olvidar que roca es mas costosa que tierra, y tambien que hay mas expansion en la roca excavada. Luego si la loma es de roca, se aumenta poco el corte, dando preferencia al emprestito para hacer el relleno. Si es tierra en la loma, probablemente uno tomaria mas profundidad en el corte y menos altura en relleno, porque las taludes aproximan mas al vertical en excavacion que en tierra suelta. Otras detalles importantes son, la distancia minima permitible entre curvas de varios radios, el peligro de alargar la linea demasiada para disminuir el movimiento de tierra, el costo adicional para mantener curvas, y el radio mínimo que se puede usar. No habiendo reglamentos ó instrucciones al contrario, se debe tener bastante distancia entre curvas para disminuir la superelevacion de cada una de ellas hasta zero sin llegar á la rampa, ó transicion correspondiente de la otra. Es imposible dar una regla general para determinar esta distancia, pero en cada caso se puede aproximarla. Por ejemplo el encargado puede fijar dentro de ciertos límites, el radio minimo que será usado, asi como la velocidad máxima de los trenes. Luego es posible determinar la superelevacion necesaria para cada clase de curva, y hacer una tabla mostrando la distancia minima entre curvas de cada grado propuesto, tomando en cuenta que es de interes aumentar el porcentage recto hasta donde sea posible, sin disminuir demasiado los radios. Es costumbre en algunas partes reducir la superelevacion á razon de tres millimetros por metro, pero es de desearse tener mas espacio. Sinembargo hay lugares tan estrechas y dificiles que ni pueden tener ésa. Como regla general, que seria quebrada mucha, y faltando otros datos, el autor estaria dispuesta decir que en una zona

relativamente facil de cruzarse, pero no muy plana se usaría como miminum nueve metros multiplicada por el grado de curvatura, y en terrenos muy difíciles, usaría la mitad ó sea cuatro metros y media. El grado de una curva es igual á mil ciento cuarenta seis (1146), metros dividido por el radio de la curva. La distancia notada es para cada curva, luego dos curvas, uno de diez grados y otra de cuatro, tendria ciento veinte seis (126) metros minimum entre ellas, en terreno relativamente facil, y la mitad, ó sesenta y tres (63) metros en terrenos difíciles. Este asunto será tratado mas detalladamente en la seccion de curvas. Cuando el dibujante ha hecho lo mejor posible con las rasantes dados, se hace un perfil mostrando lo que se ha encontrado, asegurandose que hay lugar para las aperturas requeridas, que no se cruza rios, canales, caminos, ni ferrocarriles con cortes innecesarios, y se coloca de nuevo los rasantes, mejorandolos en cuanto sea posible. Pueda ser que tendrá que volver á proyectar la linea despues de haber cambiado tanto el perfil, el problema siendo uno que se resuelve por tanteo y no por reglas fijas. Los cortes deben abastecer á los rellenos si no resulta demasiado el acarreo, y si los materiales son fáciles de moverse. Siempre hay lugar para pequeños cambios que disminuyen el costo de la obra, aun hasta sea terminada y puesta en servicio la linea, y los miembros de la comision no deben estar resentidos porque uno encuentra mejoras que los demas no han visto.

Cuando el dibujante ha hecho todo lo posible con la proyeccion, eliminando curvas, ó reduciendo el angulo en ellas, salvando el cruzamiento de caminos ó pequeños cursos de agua, obviando la destruccion de propiedades, y tanto mas, entonces se arregla bien su perfil proyectada con todos los datos requiridos, traza las curvas en su lugar en el mapa, y prepara un presupuesto marcando en cada estacion (veinte metros), ó fraccion el corte y relleno en metros cubicos, asi como la classificacion de cada corte, como por ejemplo, 60% roca 20% tierra dura; 20% tierra blanda, ó lo que sea, anotando la suma para cada corte y cada relleno entero, asi como la suma de cada clase de excavacion en cada kilometro y el total de relleno. El presupuesto para desvios de agua, y pasos á nivel y fosos se hace aparte pero el movimiento de material para estos se incluye en los totales en cada kilómetro. Si es satisfactorio al encargado el trazo propuesto por el dibujante, se transfiere la proyeccion al plano general y se entinta el perfil. Todas las lineas y numeros serán

negros con la excepcion de la rasante y numeros correspondientes, rojos; los puntos de referencia de nivel y numeros correspondientes, rojos; y los datos y rayas que indican agua, azules.

El perfil es el documento mas importante y completo de todos. El plano indica la situacion de la linea pero el perfil indica lo que es, el costo de construccion, las condiciones á las cuales será sujetada la explotacion, y para que el ingeniero y contratista pueda construirla incluye los datos siguientes:

a) Estaciones y kilometraje;

b) Rectas y curvas en metros de longitud, el rumbo de las tangentes, el radio, angulo central, sub-tangentes, puntos de curva y de tangencia, y los datos correspondientes á las espirales ó curvas de transicion si las hay;

c) Cotas de la rasante en los puntos de cambio, y cotas de la rasante y el terreno en cada estacion si alguna autoridad las exige. Es costumbre del Gobierno en varias paises exigir este dato, pero el autor no lo pondría voluntariamente. Sirve especialmente en la comprobacion del presupuesto, que no puede ser exacto sin tomar secciones transversales sobre alturas definitivas. Como las alturas son tomadas de promedios entre curvas de nivel que no son exactas tampocas, no parece que un trabajo tan meticuloso vale lo que cuesta. En cuanto á los pendientes uno no debe entrar en fracciones menores que uno por mil, si no se trata de puntos forzados ó la compensacion para curvatura en pendientes soportados. Una pendiente soportada es uno que empieza, digamos, en una cumbre, y sigue bajando á razon de tanto por mil, hasta que alcanza á las llanuras. Es claro que el uso de pendientes intermedios menores que el maximo alarga la via á costo adicional. Se dice "pendiente soportada" porque la elevacion de la rasante en cada estacion es determinada de antemano, y es menester encontrar terreno para soportarla. Si una rasante es muy larga y sube á razon de una fraccion muy larga, por mil, es preferible en casi todos los caso disminuir la inclinacion cerca de las cumbres, ó punto de mayor altura, y aumentarla en la parte de menos elevacion, ajustando un poco el trazo si es necesario para hacerlo, y siempre tratando de reducir el acarreo de material. Siendo una linea proyectada, no es exacta, y los encargados del trazo definitivo encontrarán pequeños diferencias en la nivelacion que tendrán que ajustarse con el perfil. Es mas facil el calculo de las pendientes y elevaciones de cada estacion con fracciones sencillas, y menos trabajo

para el dibujante. La certeza ó exactitud es muy loable, pero el calculo de movimiento de tierra hasta cucharadas es demasiado, especialmente cuando no es definitivo el proyecto, faltando la aprobacion del ingeniero en jefe, los pozos de clasificacion de materiales en los cortes, y los calculos sobre el acarreo de materiales.

Es costumbre en algunas partes indicar las alturas de cortes y terraplenes con numeros, pero si las cotas no son necesarias, tampoco son las alturas.

d) La importancia de cada obra proyectada es indicada, como "Puente Vigueta Celosia 40M"; "Alcantarilla Doble 2M." En cada kilometro se presenta una tabla de la cantidad de mamposteria de varias clases, tuberia, excavacion para cimientos, ú otras clases de trabajo.

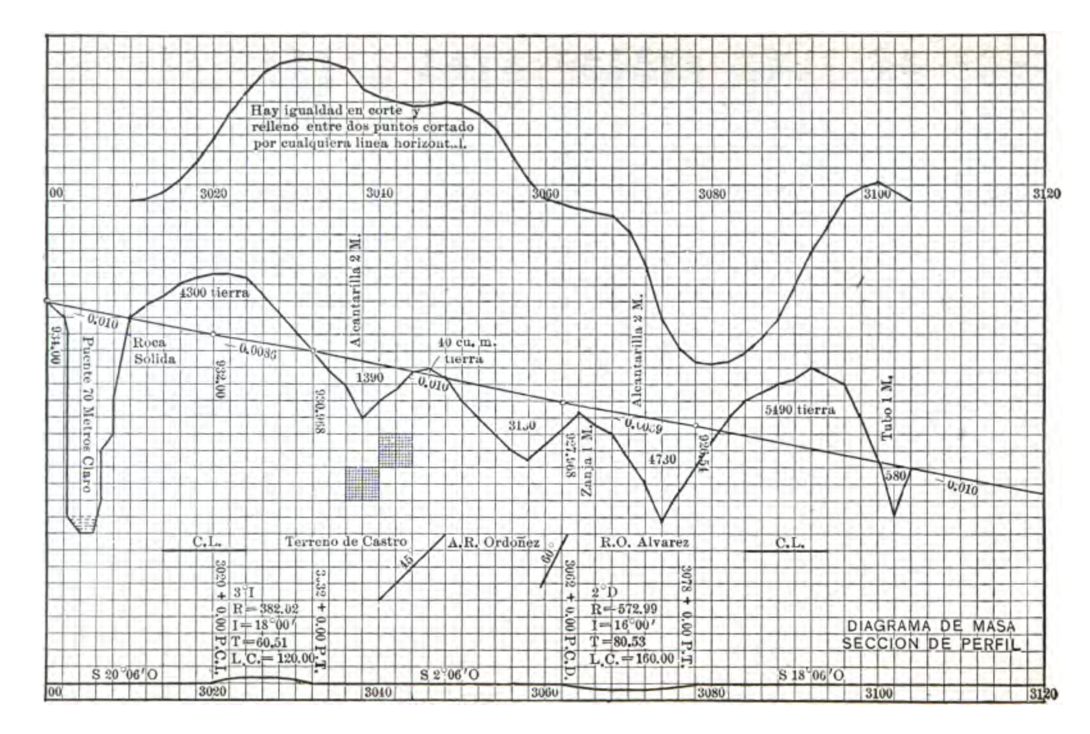
e) Se ponen los nombres de los cursos de agua, rios, esteros, canales, quebradas, y lagunas, con una indicacion en tinta azul de la elevacion de mayores aguas altas, y aguas bajas en tiempo normal. La construccion debe librar las aguas altas y es menos costoso hacerla durante la estacion de aguas bajas. En cualquiera época es importante tomar en cuenta la profundidad de agua que será encontrada en el trabajo.

f) Los linderos son marcados mas altos que la linea del terreno, y deben indicar el angulo de interseccion con el trazo, tomando una de las lineas horizontales mas gruesas como indicacion del eje. Asi se demuestra claramente el terreno que pertence a cada dueño.

g) Los puntos de referencia de nivel se colocan en un lugar conveniente con sus cotas y distancias del eje.

Cada trozo de perfil, ó parte que corresponde á una variante, llevará un cuadro de "subida y bajada, curvatura y distancia total, y una indicacion de los pendientes maximos" para que estos datos economicos puedan compararse con otros del estilo. Cada perfil, asi como los mapas, llevarán encima un titulo, la escala, nombre de la empresa, ingeniero, nivelador, y dibujante, y la fecha. En la parte exterior llevará la caratula correspondiente.

Presupuestos.—El dibujante hará todos sus calculos en un libro encuadernado para facilitar la comprobacion. Cada kilometro aparecerá seperadamente en este libro. Como el presupuesto se hace antes de terminar el trazado definitivo, es necesario incluir mas gastos que el solo costo de la obra.


Hay igualdad en corte y relleno entre dos puntos cortado por cualquiera línea horizont..l.
00
3020
3040
3060
3080
3100
3120
4300 tierra
−0.010
934.00
Puente 70 Metros Claro
Roca Solida
932.00
−0.0036
930.968
Alcantarilla 2 M.
1390
40 cu. m. tierra
−0.010
31.0
927.968
Zanja 1 M.
−0.0069
Alcantarilla 2 M.
4730
926.51
5490 tierra
Tubo 1 M.
580
−0.010
C.L.
Terreno de Castro
45°
A.R. Ordoñez
60°
R.O. Alvarez
C.L.
3020 + 0.00 P.C.I.
3°I
R=382.02
I=18°00′
T=60.51
L.C.=120.00
3.32 + 0.00 P.T.
3062 + 0.00 P.C.D.
2°D
R=572.99
I=16°00′
T=80.53
L.C.=160.00
3078 + 0.00 P.T.
DIAGRAMA DE MASA
SECCION DE PERFIL
S 20°06′O
S 2°06′O
S 18°06′O
00
3020
3040
3060
3080
3100
3120

No. 20.

a) Los Gastos Preparativos, asi como la seleccion de precios unitarios pueden determinarse por el Jefe de Ingenieros ó por el Locator, segun las condiciones. Se incluirá en esta seccion el costo del trazado definitivo, el equipo para los ingenieros de construccion y sus gastos y sueldos durante el periodo del trabajo, la preparacion de planos tipicos y especiales, y los cargos de administracion que se aplicarán en contra del proyecto considerado.

b) Los Precios Unitarios son determinados por medio de comparacion entre obras cercanas de la misma naturaleza, el costo de materiales y brazos, y las condiciones especiales que se encuentra. Aqui no tratamos de presupuestos para trabajos de administracion ni de los que hacen los contratistas. El encargado de estudios preliminares tendrá que aceptar los precios unitarios que son ofrecidos para obras semejantes, aunque con cierta reserva. Si materiales u obreros han subido en precio, ó si la transportacion es dificil, es necesario aumentar los precios unitarios, pero un ingeniero, por ser asi, no puede hacer un presupuesto solo, si no ha tenido practica con contratistas ó en obras importantes hechas por administracion.

Los gastos directos son importantes pero á veces suman hasta la mitad del costo, y algunas veces mas, ó menos. Los contratistas tienen que incluir seguros contra accidentes á los obreros, ó una suma fija para pagar los daños y perjuicios, asi como gastos para telegramas, mozos de campamentos, viáticos, intereses sobre capital prestado, y sobre pagos detenidos; el costo de equipo, y algo para cubrir puntos dudosos que los ingenieros no explican bien. Tambien tienen que contar con errores en clasificacion de materiales por ingenieros jovenes; si faltan permiso para apelar al Jefe de Ingenieros, y ademas de otras sumas pequeñas, tienen que asegurarse de una ganancia justa. Los oficiales de una empresa, en muchos casos, rechazarian los cargos indirectos que incluye an contratista, si la empresa ha de hacer la obra directamente, pero si el contratista los rechaza el resultado seria una pérdida para él. Es por la falta de práctica en la construccion de obras que muchos oficiales se quejan en contra de gastos indirectos, y á veces prohiben al ingeniero incluirlos. Si él no los oculta bajo otra forma, y no cae bien á ingenieros ocultar nada, el resultado es que el costo excede el presupuesto y el ingeniero es culpado. Por donde quiera los ingenieros son criticados por hacer su presupuestos demasiado

bajos, ó por incluir porcentages inexplicables para cubrir las faltas que parecen esperar y una de las tareas mas importantes de la profesion es disipar esta mala fama profesional. Para salvar una de las dificultades es mejor aceptar precios convencionales de contratistas en vez de pretender analizar cada precio unitario.

c) El Terreno Necesario para la linea es determinado por cada propiedad y con una anchura minima. Es preferible comprar bastante de una vez para construir via doble, si no es muy costoso, porque se evita construcciones demasiado cercanas, asi como el pago de valores aumentados por la misma construccion del ferrocarril. No es raro que los duenos ceden el terreno gratís para una obra nueva, pero no para mejoras despues.

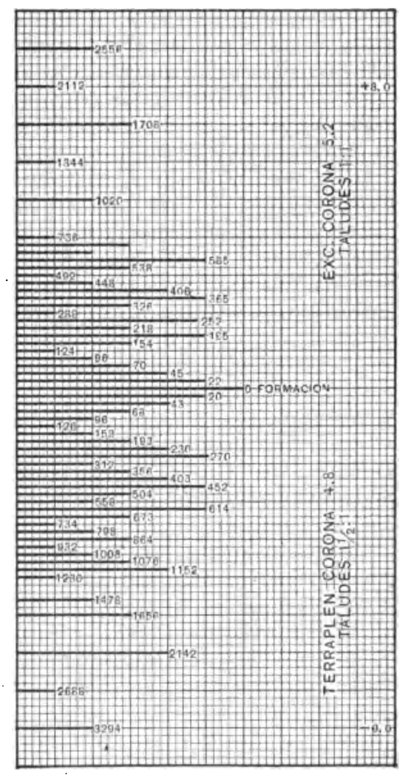
Si cortes ó terraplenes son tan altos que los taludes pasarán los linderos ordinarios, es necesario comprar mas terreno. Puede existir la necesidad de tomar tierra del lado del trayecto y comprar sitios para pozos de empréstito. Si es probable que la empresa usará canteras algun dia, resultaria mas barato, á veces, adquirirlas cuando estan disponibles á precios bajos.

d) Cercas.—Habiendo adquirido el terreno necesario el próximo paso lógico es la construccion de cercas, cierros, ó alambrados. Las materiales disponibles á lo largo de la linea deben tomarse en cuenta, pero el encargado de reconocimiento habrá hecho una indicacion de preferencia, ó tipo, y el Jefe de Ingenieros habria dado las instrucciones correspondientes al encargado con los precios que se usará.

e) Roce y Descepadura es calculado generalmente sobre la base de tanto por unidad de area superficial, usando varios precios por distintas condiciones de vegetacion y anchura de la faja que se limpiará. Es claro que seria mas barato el trabajo si se tratara de una area grande en las dos direcciones, que en el caso de una faja larga y angosta. Los precios corrientes de la region pueden tomarse, faltando instrucciones al respecto.

f) Graduacion, ó movimiento de tierras es la parte del presupuesto que cuesta mas trabajo determinar. Las cubicaciones de las diferentes obras que se deban considerar, se hará por métodos rápidos, y en lo posible, deduciendolas de cuadros ó graficos. El topógrafo y encargado asi como cualquier otro que tenga datos, indicará hasta donde sea posible, la clasificacion del material. La cubicacion de cortes y terraplenes se hará

por medio de una seccion de papel de perfil segun la ilustracion. Este papel ó carton tiene un zero en medio y ese punto se coloca sobre la rasante del perfil. La interseccion de la linea del terreno con la cara del carton caerá sobre una linea



No. 21.

horizontal, y en el punto opuesto de esa linea horizontal se encontrará un numero que indica la cantidad de metros cubicos incluidos en una estacion de veinte metros de largo, con la profundidad indicada. Porsupuesto, es necesario hacer un carton como esto para cada tipo de construccion. Uno será para una

corona de tantos metros y taludes de cierta inclinacion, y otro será para cada otra condicion que se espera encontrar. Este ha sido hecho para una corona ó plataforma de 5.2 metros y talud de uno y medio horizontal á uno vertical, que corresponde á terraplenes en ciertas partes. Si la interseccion cae entre dos lineas horizontales se puede interpolar la lectura, ó tomarla en cuenta y optar por la lectura contraria en el caso siguiente, usando solamente los valores marcados en el carton. No es raro que dos personas distintas encuentren una diferencia entre sus presupuestos, si siguen este sistema, pero en varios casos el autor ha comparado este metodo con tablas de cubicacion, y cálculo de alturas, encontrando diferencias de diez por ciento en alturas pequeñas, y cinco por ciento en alturas mas grandes, pero estas diferencias fueron solamente para tramos cortos. En tramos largos no sucederá asi, y cuando uno toma en cuenta que seria sumamente dificil llegar a cantidades correctas con datos del plano de proyeccion, parace que no hay razon para criticar este sistema.

Si tratamos solamente de la cantidad de materiales de cada clase que se moverá, basta tomar las medidas netas, pero si se trata de balancear el trabajo, es decir, obtener la misma cantidad de excavacion como de terraplen, es conveniente tomar en cuenta que cien metros cúbicos de tierra blanda en corte, no hará mas que unos noventa metros cubicos en terraplen, mientras que cien metros cubicos de roca solida, en excavacion, no solamente llenará alrededor de ciento veinte cinco metros cubicos de terraplen mas tambien las taludes hechos con roca quedarán firmes aun si son mas parados que los de tierra. Luego uno necesita menos material si viene de cortes de roca, y puede disminuirlos en la relacion correspondiente. Desvio de aguas y fosos se incluirá entre defensas, pero tomando en cuenta la tierra disponible.

g) Pasos á Nivel, superiores ó inferiores asi como cambios en caminos son incluidos en el presupuesto de movimiento de tierra u obras de arte segun el material que ocupan. Si son aperturas inferiores serian una forma de puente y deben ser incluidos como tal. La cantidad de tierra requerida para hacerlos se toma en cuenta, porque á veces las rampas son largas y altas. En cada pais existen algunas instrucciones sobre las pendientes que se usarán en la construccion de pasos á nivel, pero no es conveniente siempre usar el máximo, porque no con-

viene á la empresa que carretas tropiezen con dificultades cuando atraviesan la linea. Si los caminos generales cerca de la obra tienen pendientes de diez por ciento, seria conveniente usar, digamos, ocho por ciento, para cruzar la via, pero si los caminos tienen veinte por ciento se puede usar hasta quince.

h) Obras de Arte Menores incluyen tuberia, alcantarillas, ú otras obras del estilo. Por cada tipo de tubo se hará un presupuesto de la excavacion y mamposteria de las dos bocas, y una tabla del largo del tubo por cada altura diferente de terraplen, tomando en cuenta que se puede cortar los largos solomente en ciertas dimensiones. Habiendo determinado la altura del terraplen se leerá de la tabla el largo del tubo requerido, lo cual dará la cantidad de excavacion necesaria para asentarlo bien, y se agrega el presupuesto tipico de las dos bocas, incluyendo mamposteria y movimiento de tierra, que no debe variar de un caso á otro, si no sea que hayan alas ú otras obras especiales. Las alcantarillas son tratadas de la misma manera pero el tonel puede ser de cualquier largo, algunas necesitan pavimentacion y otras no; algunas requieren muros subterraneos para que el agua no socave la obra, y otras no. Los tipos de construccion son confeccionados en la officina del Ingeniero en Jefe y el encargado debe tener una copia azul de cada tipo de obras de arte.

i) Puentes.—Son calculados tambien por medio de los tipos pero hay que estudiar el terreno bien á ver si sostendrá el peso, y si habrá necesidad de hacer cimientos debajo del nivel de agua. En el estudio preliminar no es costumbre hacer sondajes demasiado completos. Es suficiente determinar si las condiciones generales indican que uno debe cruzar el rio en tal ó cual parte, y hacer el presupuesto bastante grande para cubrir los gastos bajo condiciones un poco difíciles. La apertura será determinado de tablas, datos topograficos sobre al vertíente, y las lluvias por hora.

j) Túneles.—Son calculados generalmente por metro lineal, pero el encargado debe acompañar su presupuesto con todos los datos disponibles en cuanto se refiere ál material que se supone ha de encontrarse, la probabilidad de agua adentro, y si hay agua cercana afuera, si existen caminos fáciles que conducen á la obra, y si parece factible el uso de maquinaria de alguna clase.

k) La Consolidacion de Cortes puede considerarse si parece

probable que habrá necesidad de obras ó trabajo extra, de esta naturaleza. Generalmente se considera esta en combinacion con el movimiento de tierras ó asentamiento de la linea. No hay ferrocarril que no haya requerido alguna reparacion, ligera que sea, despues de ponerlo en servicio. Los terraplenes encogen, los taludes de cortes caen, y las zanjas ó fosos son tapados. Es costumbre en muchos partes que el Jefe de Ingenieros agregue tanto por kilometro para cubrir estos gastos, ó da el dato al encargado del estudio para que él lo incluya.

l) Defensa de Terraplenes consiste principalmente de pavimentacion con roco para que las corrientes de agua no destruyen la obra, ó paredes de mamposteria al lado de taludes naturales muy inclinados para disminuir la cantidad de relleno ó proteger la linea de derrumbamientos de tierra ó nieve, ó plataformas de alguna especie sobre terrenos tembladeros, ó la plantacion de vegetacion ó cubrimiento de grava sobre terraplenes polvorosos que puedan ser llevados por el viento. Algunas de éstas son encontradas raras veces pero otras son muy comunes. Una vez el autor encontró la necesidad de echar tanta piedra al sitio de un terraplen que el terreno natural á los dos lados subió casi un metro. Si el trazo cruza pantanos es bueno sondarlos, y aumentar la altura aparente del terraplen una cantidad razonable para cubrir el gasto adicional de tierra. Ademas, en lugares semejantes no es conveniente prestar material al lado de la via. Al contrario, es probable que será traido desde lejos, asi aumentando el acarreo. Estos gastos se pueden considerar como movimiento de tierra, ú obras de proteccion, ó enteramente aparte aun, porque son distintos á la clasificacion corriente. Desvios de aguas y fosos se incluirán entre defensas, pero es necesario llevar cuenta de materiales que se sacará para usarlas en la construccion de terraplenes ó plataformas pequeñas para los automóbiles ó carritos de los empleados de conservacion de via. Fosos seran calculados dentro y afuera de cortes, y á lo largo de terraplenes.

m) El Telégrafo se considerará como una linea continua por todo el proyecto, agregando el número y tipo de instalaciones necesarias en las varias estaciones. El informe de reconocimiento indicará al encargado el tipo de postes que se usará si son de la zona, ó el Ingeniero en Jefe indicará una suma fija por kilometro que se usará en los presupuestos.

n) Via permanente incluye lastre; durmientes; clavos;

sillas ó placas si las usarán; rieles; planchuelas, eclisas ó bridas; tornillos; cambios; cruzamientos con otras vias; y los precios corrientes para encorvar los rieles ó carriles, y colocar la via lastrada y lista para la explotacion. Generalmente el encargado ó Locator, recibe instrucciones del Ingeniero en Jefe sobre los precios para vias completas, contando el largo de las laterales entre puntos de cambios.

o) Estaciones y Paraderos se considerarán aparte de vias y desvios, y de acuerdo con los planos típicos de la empresa. Se hará un plano de cada lugar, indicando los edificios y demas construcciones, asi como el largo de vias y movimiento de tierra aun si son incluidos en otra parte del presupuesto. El plano tiene que indicar en general todo el trabajo que se propone hacer. Los presupuestos para estaciones incluyen tambien los edificios para empleados, oficinas, bodegas, almacenes de equipo y materiales, carboneras, tanques, bombas, talleres, mesas giratorias (tornamesas), corrales é instalaciones semejantes.

p) Si no han sido considerados debidamente en el presupuesto presentado, el Jefe de Ingenieros agregará alguna suma para costear derrúmbes, asentamiento de terraplenes, obras provisionales, estudios, planos, equipo, ingenieria, administracion, médico, abogado, y gastos extraordinarios. Aun si fuera necesario tomar en cuenta los descuentos é intereses sobre capital invertido por la empresa, el encargado de estudios no tiene que considerarlos, pues no tendrá los datos correspondientes.

Cuando uno entrega sus planos, perfiles, presupuestos, é inventario al Jefe, los acompañará con

1) Perfiles Transversales donde sean indispensables;

2) Especificaciones de los Tipos adoptados para las diversa obras si difieren de las que fueron prestadas por el Ingeniero en Jefe;

3) Cuadro de Absisas y Ordenados de la poligonal, si es obligatorio ese método;

4) Cuadro de Rectas y Curvas;

5) Cuadro de Gradientes, Pendientes, y Niveles;

6) Todas las carteras originales del estudio; y

7) Una Memoria que incluye una descripcion del trazado; Razones que justifiquen la ubicacion de la linea; Justificacion de los radios y gradientes que sobrepasan á las generales del terreno; Recursos para construccion, materiales, transportes, y jornales; Ubicacion de las estaciones; Tráfico probable approx-

imado; y Justificacion de las variaciones que se hicieren en los perfiles tipos.

Es de interes muy especial al mismo ingeniero que hace el estudio, llevar una cuenta detallada del costo de cada clase de trabajo, los gastos cotidianos, asi como el progreso de cada dia en terreno de distintas clases. Asi se puede estimar el costo de estudios en proyecto cuando llega á la posicion de Ingeniero de Reconocimientos.

CAPITULO VI

PROBLEMAS ECONOMICOS

Despues de haber recopilado todos los datos resultantes del reconocimiento y estudios preliminares, se presenta el problema de la selección del trazo definitivo. Como se ha mencionado, ese trazo debe ser el mejor que existe en la zona, y determinado de tal modo que los gastos para mover el tráfico probable serán lo menos posible. Estos gastos incluirán los gastos fijos, como intereses y amortización, mas los de explotación y la conservacion de la propiedad en buen estado.

Los carges fijos dependen principalmente del costo de la construcción e instalación, y la línea optada debe ser elegida con tal cuidado que no habrá posibilidad de construir otra por una suma menor, dados los precios existentes y las condiciones técnicas que se adoptan. No se puede reducir demasiado esta clase de gastos a costo de la explotación fácil y conservación barata, so pena de aumentar la suma total, y por eso es difícil considerar los varios problemas aisladamente, siendo preferible tomarlos en conjunto, separándolos detalladamente despues.

El movimiento de tráfico siempre encuentra resistencias y es menester la fuerza para vencerlas, o reducirlas. Estas resistencias consisten principalmente de las siguientes:

1) Fricción en las partes de la máquina (0.0111 $\times$ el peso que descansa sobre las ruedas motoras);

2) Fricción en el tren incluyendo la parte de la máquina sobre otras ruedas, el tender, y los carros, debido a la resistencia rodante y a la presión entre los ejes y sus soportes, que varía segun los tipos de los carros y su condición. "The American Locomotive Company" ha compilado los datos siguientes sobre la fricción en trucks en buen estado, y para velocidades menores de treinta millas (48 kilómetros) por hora.

Peso del carro en toneladas.		Resistencia por tonelada.	
de 2000 libras.	de 1000 kilos.	libras (por 2000 lbs.)	kg. (por mil. kg.)
10	10	13.1	6.13 carros
20	20	7.84	3.65 vacios
25	25	6.62	3.09 carros
30	30	5.78	2.68 cargados
40	40	4.66	2.17 "
50	50	3.94	1.84 "
60	60	3.44	1.61 "
70	70	3.06	1.43 "
72	72	3.00	1.40 "

(Como las toneladas difieren, la relación de resistencias no es igual).

La resistencia correspondiendo a carros para pasajeros ha sido calculado en términos ingleses segun la fórmula:

$$5.4+0.002\ (V-15)2+\frac{100}{(V-2)^3}=\text{libras por tonelada, de dos}$$

mil libras.

La tabla siguiente ha sido construída según esta fórmula:

Millas....	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90
Libras....	5.89	5.51	5.42	5.46	5.60	5.85	6.20	6.65	7.20	7.85	9.45	11.45	13.85	16 65

"Libras" en este caso, se puede traducir a "partes en dos mil," luego se puede dividir las libras por dos, y tener los kilogramos por mil, a las velocidades en millas. Noventa millas son iguales a ciento cuarenta y cinco kilómetros.

3) Inertia, o resistencia a ponerse en movimiento, no puede ser determinada, pero existe. La mejor manera para obviar el efecto es reducir los gradientes un kilómetro, o digamos dos veces el largo de un tren, cada lado de los paraderos, en un porcentaje razonable. Esta fuerza puede medirse en una parte considerable si la cuenta como la necesaria para acelerar la velocidad desde la minimum hasta la que debe tenerse en cierta distancia.

4) El efecto de velocidad en libras ha sido calculado por "The American Locomotive Company," multiplicando el area

de la locomotora, en frente, por $.002V^2A$, cuando V es igual a millas por horas. Generalmente es considerada que el area A es igual a diez por doce pies. A la velocidad del tren hay que agregar la velocidad del viento en contra.

Sería aproximadamente igual decir kilogramos

$$=\frac{.002V^2A10.76}{1.61\times1.61\times2.205}=\frac{V^2A}{265},$$

cuando A es igual a el area en metros cuadrados, y V es igual a la velocidad en kilómetros por hora. El resultado se considera una sola vez para el tren entero.

5) La resistencia de gravedad, o la medida de la fuerza requerida para levantar un peso por medio de un plano inclinado, llamado gradiente, o pendiente, es determinable matematicamente, siendo proporcional la resistencia al peso como la altura a la longitud del plano. La resistencia de gravidad en un pendiente de diez por mil seria diez kilogramos por mil kilogramos de tren. Habrá mas detalles sobre esta en la sección de gradiéntes.

6) Otra resistencia importante es la debida a la obliquidad de tracción sobre las curvas;

7) y la última, si puede llamarse resistencia, es la debida a temperaturas bajas y mal tiempo. Esta varía desde muy poco a temperaturas de 10° C. para arriba sin viento, hasta veinticinco por ciento de la fuerza de tracción de la locomotora a 20° C. bajo zero. Vientos fuertes disminuyen la fuerza de tracción a veces hasta cinco por ciento, y en el desierto de Bolivia y norte de Chile, el autor ha visto el viento parar a un tren.

Es evidente que la suma de las resistencias no es determinable con precisión, y tampoco es la locomotora un instrumento preciso, sino varía en la fuerza que produce, entre ciertos límites. Por lo pronto es de desear que se acepten los números indicados anteriormente, asi permitiéndonos discutir despues y en mayor detalle los puntos relacionados con cada asunto mencionada.

La Locomotora

Una locomotora a vapor es una máquina que se mueve por si misma, anda sobre ruedas hechas especialmente para ajustarse a los rieles de un ferrocarril, y sus partes principales son el fogón, donde se quema carbón de piedra, aceites crudos, madera, u otro combustible; la caldera que contiene el agua y

que es surtida con tubos por donde circula el aire caliente, mas una cupula en la parte mas alta, por donde sale el vapor, por medio de un tubo, a los cilindros; los cilindros estan a cada lado de la máquina, por donde entra el vapor, alternativamente a cada lado de un émbolo, empujándolo ahora por delante, ahora por detrás; y las ruedas motoras movidas por varillas de acero conectadas en el otro punto con los antedichos émbolos.

La diferencia esencial entre una locomotora y una máquina estacionaria es que las ruedas motoras de la locomotora, que corresponden a la rueda volante, corren sobre los rieles que corresponden a la banda. El coeficiente de adhesión entre la rueda motora y el carril, indica la fuerza de tracción con que se mueva el tren, pero la fuerza tiene que ser producida y aplicada a las ruedas por medio de las partes mencionadas en la definición de una locomotora. Para transmitir la fuerza se aprovecha la que produce el vapor á alta presión, que viene del agua, en la caldera cerrada, calentada por el fuego. Para cierta fuerza es necesaria cierta cantidad de vapor a una presión dada, y para producir esa cantidad de vapor se necesitan tantas calorias, que se producen de una cantidad fija de combustible. Sabiendo, pues, que se usará cierta clase de combustible se puede determinar el tamaño del fogón, y sabiendo la cantidad de vapor y la presión se pueden fijar las dimensiones de la caldera. La aplicación de la fuerza producida se hace por medio de los cilindros y ruedas motoras, traduciéndola en trabajo. Esta traducción dá lugar a muchas variaciones en los tipos, pues trabajo es la combinación de fuerza y distancia, y un aumento en el diametro de las ruedas cambiaría la distancia y reduciría la fuerza de tracción. Locomotoras para trenes de carga tienen ruedas comparativamente pequeñas, y mueven mas peso a menor velocidad.

Como las locomotoras sencillas son muy parecidas, se pueden clasifica por medio de las ruedas que indicarán la fuerza aproximada de cada tipo. Es mas fácil este sistema tambien, porque las ruedas están a la vista y cualquiera las puede reconocer.

Los tipos principales de Norte America son indicados abajo. El primer número indica el número de ruedas de piloto, que sostienen el frente extremo de la máquina, y sirven de guía; el número en el centro indica las ruedas motoras, y el del lado derecho el número de ruedas traseras que soportan el fogón. El signo triangular indica el piloto, o frente de la máquina. Miéntras mas peso se puede poner sobre las ruedas motoras, mas fuerza

de tracción se obtiene, pero la producción de vapor tiene que corresponder a esa fuerza.

TIPOS Y RUEDAS DE LOCOMOTORAS AMERICANAS

American 4–4–0 (P) ∠ oo OO	Mikado 2–8–2 (C) ∠ o OOOO o
Atlantic 4–4–2 (P) ∠ oo OO o	Mogul 2–6–0 (C y P) ∠ o OOO
Bicycle 4–2–2 (P) ∠ oo O o	Pacific 4–6–2 (P) ∠ oo OOO o
Columbia 2–4–2 (P) ∠ o OO o	Prarie 2–6–2 (P y C) ∠ o OOO o
Consolidation 2–8–0 (C) ∠ o OOOO	(Four-coupled double-ender) Cuatro-coplado-doble 4–4–4 ∠ oo OO oo
Decapod 2–10–0 (C) ∠ o OOOOO	Cuatro-rueda-patio 0–4–0 ∠ OO
Forney 0–4–4 ∠ OO oo	Doce-rueda 4–8–0 (C) ∠ oo OOOO
Mastodon 4–8–0 (C) ∠ oo OOOO	Fairlie-Articulada (C) (dos locomotoras acopladas para alta fuerza-trocha angosta.)

(P) indica servicio de pasajeros, y (C), de carga. La máquina Forney fué hecha para las antiguas líneas elevadas en Nueva York.

Es algo difícil a veces para un ingeniero civil determinar el efecto de un cambio en el tipo de locomotoras, y para ayudarle ha sido hecho el diagrama de "Fuerza de Tracción de Locomotoras con Cilindros Sencillos," que aparece en la página siguiente:

El objeto de ésta es de facilitar la selección de una máquina que haría cierto trabajo bajo condiciones conocidas, y comparar graficamente las varias combinaciones que darían los resultados requeridos. Las medidas fueron tomadas en pulgadas porque las fábricas principales de Gran Bretaña y los Estados Unidos usan ese sistema y ha llegado a ser muy bien conocido en los países de habla española. Sin embargo, no sería difícil a ninguno usarlo, tomando en cuenta las relaciones entre los dos sistemas de medidas que son notadas en el diagrama.

Es aproximadamente cierto que la fuerza de una locomotora varía directamente con la presión de vapor en la caldera. Luego se puede construir un diagrama indicando la fuerza de tracción para cualquiera combinación de ruedas motoras y cilindros, siempre que sea conocida la presión del vapor. Esta clase de diagrama se publica por casi todos los fabricantes de locomotoras, y no se pretende que es original en ningun sentido, con la excepción de ser más completo que cualquier otro conocido por el autor.

La presión en la caldera tomada como base fué ciento sesenta libras (11.28 kg. por cm²), considerando que ochenta y cinco por ciento de ésta llegaría a los cilindros, es decir, que la presión inicial en los cilindros sería ciento treinta y seis libras (9.59 kg.) Los ordinados son diametros en pulgadas inglesas de ruedas motoras, y las abcissa indican la fuerza de tracción en libras, las curvas siendo tipos distintos de cilindros. Esta parte del diagrama se titúla "Sección B."

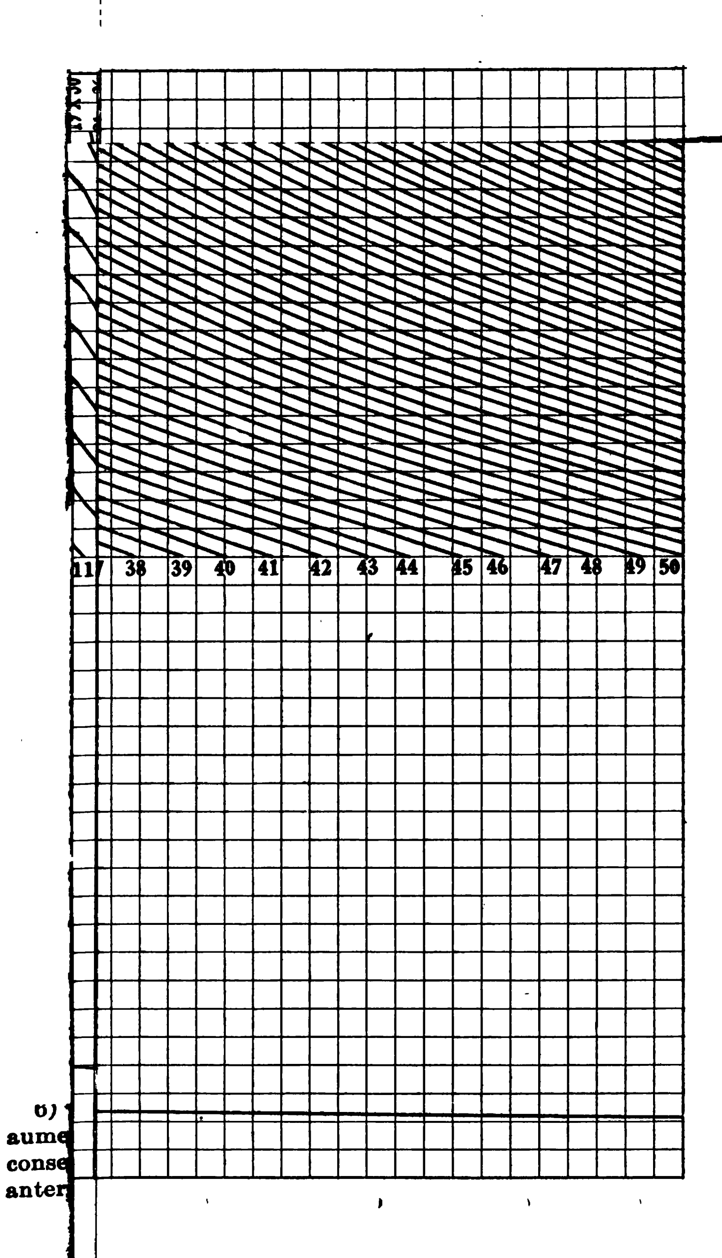
La presión en caldera de ciento sesenta libras (11.28 kg.) fué elegida porque es muy comun en la práctica con locomotoras sencillas.

Sin embargo, como se desea que su uso no sea limitado, fué agregada la "Sección A." En ésta los ordinados son presiones en libras. En cuanto se refiere a otras presiones en las calderas, el autor ha aprovechado la oportunidad de referirse a un artículo publicado en el Engineering News (New York, Nov. 22, 1906):

"*El Valor de Altas Presiones de Vapor en Servicio de Locomotoras.* Las pruebas por Profesor W. F. M. Goss, de la Universidad de Purdue (Indiana), sobre el valor de altas presiones de vapor en las calderas de locomotoras, con presiones variando entre ciento veinte y doscientos cuarenta libras (8.46 a 16.92 kg.), las cuales pasan los límites mínima y máxima de la práctica, fueron hechas con una máquina del laboratorio de la Universidad, que hacía el equivalente de 14,072 millas (22,646 km.).

1) "Pruebas fueron hechas para determinar la acción de una locomotora típica bajo una variedad de condiciones en cuanto se refiere a velocidad, fuerza y presión de vapor. El resultado de cien pruebas semejantes ha sido compilado."

2) "Los resultados son aplicables solamente a locomotoras que usan vapor saturado, en cilindros de expansión sencilla. Se refieren solamente a condiciones que pueden ser mantenidas



b)
aume
conse
anter

57,0	55,0	53,0	51,7	48,7

ras
lla.
das

con válvula de cuello enteramente abierta. Las presiones especificadas son las que se encontrarían cuando la máquina está corriendo, y no son, necesariamente, las a que se abren las válvulas de seguridad."

3) "El consumo de vapor y carbon bajo condiciones normales de servicio, ha sido establecido como sigue:

(H.P. indica Caballo de Fuerza)

Presion, libras—pulg.² y kg.cm.² en caldera.	Vapor, por H.P.-Hora.	kg-h-Cheval Vapeur.	Carbon, por H.P.-Hora.	Carbon, kg. por Cheval Vapeur.
(kg.cm².)	libras, (kg.)		libras, (kg.)	
120 (8.46)	29.1 (13.20)	13.382	3.84 (1.74)	1.77
140 (9.87)	27.7 (12.56)	12.74	3.67 (1.66)	1.69
160 (11.28)	26.6 (12.07)	12.25	3.53 (1.60)	1.62
180 (12.69)	26.0 (11.79)	11.96	3.46 (1.57)	1.59
200 (14.10)	25.5 (11.57)	11.73	3.40 (1.54)	1.56
220 (15.51)	25.1 (11.39)	11.55	3.35 (1.52)	1.54
240 (16.92)	24.7 (11.20)	11.358	3.31 (1.50)	1.52

(Para reducir libras por H.P. á kilogramos por cheval vapeur se divide las libras por 2.1745 porque un cheval vapeur es igual á 1.0139 H.P.)

4) "Los resultados indican que lo mas alto que sea la presion lo menos sería la ganancia posible por un aumento dado de presión. Un aumento desde ciento sesenta hasta doscientas libras da un ahorro de once décimas de vapor por caballo-de-fuerza-hora, mientras que un aumento desde doscientos hasta doscientas cuarenta libras produce una mejora de ocho décimas libras de vapor por caballo-de-fuerza-hora."

5) "De un aumento de presión desde ciento sesenta hasta doscientas libras resulta un ahorro de trece centésimos de libra de carbon, mientras que de un aumento desde doscientos hasta doscientos cuarenta resulta solamente un ahorro de nueve centésimos de libra de carbon por cada caballo-de-fuerza-hora."

6) "Bajo condiciones de servicio las mejoras debidas a aumento de presión dependerán del grado de perfección en la conservación de la máquina en buen estado. Los valores anteriormente notados presumen una condición muy buena de

la locomotora. Si no es así sería facil que los ahorros esperados debidos a la adopción de altas presiones desaparecieran por completo."

7) "Las dificultades que se encuentran en la buena conservación de calderas y cilindros son aumentadas por aumentos en la presión."

8) "Los resultados de las pruebas ofrecen una medida exacta para determinar la ventaja en el aumento de la capacidad de una caldera. Para el desarrollo de una fuerza dada, cualquier aumento en la capacidad de la caldera, aumenta el producto sin aumentar el costo de conservación, y sin abrir nuevas avenidas para pérdidas incidentales. Como medio de mejora es mas seguro aumentar la capacidad que aumentar la presión."

9) "Mientras que va subiendo la escala de presión, una oportunidad para aumentar el peso de la locomotora podría, en muchos casos, encontrarse por la selección de una caldera de mayor capacidad en vez de una de mayor presión."

10) "Suponiendo que ciento ochenta libras de presión ha sido aceptado como la mas común, cuando la conservación es de la mejor posible, será una indicación de buena práctica utilizar cualquier aumento permitible de peso por medio de una caldera mas grande, en vez de una mas fuerte para resistir mayores presiones."

11) "Cuando la conservación no es de la clase mas alta, las presiones normales del servicio deben ser menores que ciento ochenta libras."

12) "Cuando el agua que se usará en las calderas contiene composiciones qúimicas que producirán escama, o espuma, es probable que se obtendrán mejores resultados con presiones menores que ciento ochenta libras."

13) "Una locomotora que usa vapor saturado rendirá servicio bueno y eficiente cuando la presión normal es ciento sesenta (160) libras y bajo las condiciones mas favorables no se encuentra en la acción económica de una máquina ningun argumento que justifique una presión mayor que doscientas libras (14.1 kg. cm^2)."

Diagrama para Seleccion de Locomotoras.—Las abcissae son valores arbitrarios en cierto sentido, pero están basadas sobre la fuerza máxima de tracción desarrollado con una presión de ciento sesenta libras en la caldera. Así se explica el valor constante de ciento sesenta (160) en la ecuación de las curvas

de la sección A, éstas habiendo sido determinadas por la relación $\frac{XY}{160}=T$ (o sea la fuerza de tracción en miles de libras.) Como se puede reducir esta ecuación a la forma $XY=K$, parece que X é Y son recíprocas. Luego una reducción en la presión de la caldera disminuye la fuerza de un cilindro dado, y las curvas se acercan a las dimensiones grandes de cilindros mientras que la presión baja.

Como la sección B es basada sobre la suposición que solamente ochenta y cinco por ciento de la presión de la caldera llega hasta la entrada del cilindro, y como todas las curvas de la sección A son basadas sobre los valores determinados a la presión de ciento sesenta (160) libras, es claro que se espera en la entrada del cilindro solamente ochenta y cinco por ciento de cualquiera presión.

Cuando se usa el diagrama es de suponerse que la fuerza requerida de tracción ha sido determinada de la carga, o peso para ser movido, y las resistencias conocidas, o calculadas. Tambien es de suponerse que ha sido determinada la velocidad máxima, a que marchará el tren con el peso y resistencias dadas.

Entonces es necesario elegir la presión de vapor que se usará en la caldera. Siendo conocido que las presiones entre ciento sesenta y ciento ochenta libras son satisfactorias, y como no es raro perder quince por ciento de eficiencia en los cilindros, debido a las altas velocidades del embolo, o piston, puede ser bien, y como ejemplo, tomar una presión de ciento setenta (170) libras multiplicada por 0.85, o sea ciento cuarenta y cinco libras, y hacer un tanteo en el diagrama. El quince por ciento notado aquí es una aproximación preliminaria y no tiene nada que ver con el quince por ciento perdido entre la caldera y los cilindros, que ha sido tomado en cuenta en la construcción del diagrama.

Entonces, si, por ejemplo, se necesita una fuerza de tracción de 12,000 libras, uno entra al diagrama por la sección A, presión ciento cuarenta y cinco (145) y sigue la línea horizontal hácia el derecho hasta encontrar la curva de 12,000. Esta intersección es el punto de orígen para entrar a la sección B, de donde se sube verticalmente hasta que se ha terminado una lista de todas las combinaciones posibles. En este caso la lista es como sigue:

d	*s*	*D*	(30) *V*	%	No.
13	20	35	967	.427	(1)
14	18	36	750	.55	(2)
14	20	40	845	.486	(3)
15	18	42	720	.575	(24)
14	22	44	837	.49	(4)
15	20	46	730	.57	(23)
16	18	47	645	.64	(22)
14	24	48	837	.49	(5)
15	22	51	725	.57	(19)
16	20	52	645	.64	(18)
15	24	55	730	.57	(17)
16	22	58	635	.655	(21)
17	20	59	570	.71	(20)
16	24	63	637	.61	(16)
17	22	65	565	.71	(15)
18	20	66	512	.76	(6)
17	24	71	565	.71	(14)
18	22	73	510	.76	(7)
17	26	77	565	.71	(13)
18	24	79	510	.76	(8)
19	22	80	462	.806	(9)
17	28	82	575	.704	(10)
18	26	85	515	.787	(11)
19	24	87	463	.806	(12)

d indica el diámetro del embolo.
s indica el alcance del piston.
D indica el diámetro de la rueda motora.
30 indica la velocidad en millas por hora, y los números debajo de *V* (*V* =30 en este caso) indican la velocidad del embolo, ó piston, en pies por minuto.
(Un metro =3.28 pies =39.63 pulgadas.)

Casi nunca hay necesidad de hacer una lista tan larga, porque un poco de práctica indicará a uno las varias dimensiones mas satisfactorias. Hasta ahora no ha sido tomado an cuenta si el servicio al cual la máquina será destinada es de pasajeros, correos rápidos, mixtos, o carga rápida, o regular. Es evidente que nadie adoptaría una rueda motora de treinta y cinco (35) pulgadas, (0.89 m.) para un tren de pasajeros en un servicio importante, y una rueda de ochenta y siete (87) pulgadas (2.21 m.) sería igualmente desapropiada para servicio ordinario de carga.

Si es que se propone aventajarse de ochenta y cinco por ciento

de la fuerza máximum de tracción, es improbable que cualquiera máquina elegida marcharía a razon de mas que treinta (50 km.) ni menos que diez millas (16 km.) por hora, porque la eficiencia disminuye a altas velocidades, y es difícil manejar un tren en movimiento lento.

Teniendo a mano la lista de locomotoras que cumplirían con la potencia requerida, uno entra a la sección C del diagrama (curvas de alcance del pistón), en los puntos de intersección determinados por los valores de la lista indicados por *s* y *D*, o sea el alcance del pistón y diametro de la rueda motora. Los ordinados son diametros de rueda y las abcissae velocidades del piston en pies por minuto. Hay una escala adicional que reduce los números correspondientes al sistema métrico.

Es evidente que la determinación de la velocidad del pistón depende de la del tren, y en este caso ha sido tomado treinta millas (48.28 km.) por hora.

Con este dato, y el diámetro de la rueda, se puede determinar el número de revoluciones en un tiempo dado. Para cada revolución de la rueda el pistón hace un movimiento delantero y trasero, es decir, mueve dos veces su longitud, y sabiendo el número de revoluciones, se deduce la velocidad correspondiente. Esta velocidad de pistón es generalmente la base sobre la cual se hacen diagramas de eficiencias de cilindros.

La sección C ha sido calculada hasta una velocidad de mil setecientos pies (518 m.) por minuto, aunque no es probable que ocurriese a ninguno usar un valor tan alto. Sirven los altos valores como base para comparación gráfica de las velocidades de los trenes, cuando uno estudia la sección D. Como límites máximos se puede decir que no hay ventaja en la reducción de velocidades del piston, abajo de doscientos cincuenta pies (76 m.) ni el aumento de ellas arriba de mil seiscientos pies (488 m.) por minuto. Ahora se puede agregar a la lista de máquinas elegidas las indicaciones de velocidades de pistones. Todos estos datos son matemáticos, pero en la selección de una locomotora influyen muchas consideraciones que no son así. Sabiendo que una velocidad del piston de 410 pies por minuto corresponde aproximadamente a la eficiencia de 85%, antes elegida, en los cilindros, y que la máquina tiene que producir ésta continuamente si marcha a veinte millas por hora, pues puede decirse que la velocidad del piston a treinta millas no puede exceder

por mucho una velocidad de pistón de 615 pies por minuto, porque $\frac{410}{20}$ es igual a $\frac{615}{30}$.

Si se elije una velocidad de pistón demasiado baja, indicaría una rueda demasiado grande que favorece a la velocidad a costo de fuerza de tracción. Asi se eliminan los números uno a quince, inclusive. Antes de ir mas adelante es ahora necesario tener mas detalles. Puede suponerse, por ejemplo, que la máquina será destinada a servicio mixto de carga y pasajeros. La práctica indica que el coeficiente de adhesión entre la rueda y el carril es mas o menos 0.20 hasta 0.25.

Tomando como ejemplo el último número, el peso sobre las ruedas motoras sería 48,000 libras. La práctica tambien indica que el peso total sería en ese caso alrededor de 35 toneladas. Estas relaciones se pueden obtener de catalogos de fabricantes. Si los carros son de veinticinco teneladas la resistencia por el tren sería alrededor de 6.62 libras por tonelada. Ahora es necesario conocer, o el peso del tren, o las pendientes mayores y menores, las cuales pueden suponerse en este caso como diez por mil (1%) y seis por mil (0.6%).

Las resistencias totales serían las siguientes:

Máquina sobre ruedas motoras, 48,000 lb.×.0111......	532.8
Velocidad a veinte millas por hora..................	96.0
Resistencia peso sobre ruedas por pendientes 24×20...	480.0
	1,108.8
Fuerza de tracción disponible......................	12,000.0
	10,891.2

La resistencia por tonelada, carros 25 toneladas, 6.62 libras, mas la resistencia en pendientes de dies por mil (1%) 20 libras, suman a 26.62 libras por tonelada de tren. De 10,891.2 dividido por 26.62 resulta 409 toneladas incluyendo tender y once toneladas de la locomotora. Agregando las veinticuatro toneladas sobre las ruedas motoras resulta 433 toneladas, el peso máximo que puede moverse sobre los pendientes mayores a veinte millas por hora. Este número está sujeto a correción. A treinta millas por hora y pendientes de seis por mil, las resistencias serían las siguientes:

Maquina sobre ruedas motoras	532.8
Velocidad	216.0
409×6.62	2,707.6
433×12 (pendiente)	5,196.0
	8,652.4

Como era la suposición que a veinte millas la eficiencia de cilindros sería cerca de 85%, entonces la eficiencia a 30 milla- sería cerca a 68 %, porque 10,891 : 8,652 : : 85 : 68 aproxismadamente. Porcentages demasiado grandes aumentan el costo. Luego el numero veinte seria eligida bajo las condiciones dadas. Cualquier cambio en las condiciones afecta la selección. Por medio de una revisión y cálculo cuidadoso se encuentra que la máquina elegida da $\frac{17\times17\times20\times170\times0.85}{59}=14{,}156$ libras de fuerza de tracción si la eficiencia es cien. A veinte millas por hora la eficiencia resulta 88.4%, y a treinta millas por hora es 70.9%. Luego el peso total que puede moverse bajo las condiciones dadas es 452 toneladas de 2,000 libras a veinte millas, o 507 a treinta millas. El tren consistiría del peso menor, luego pendientes de seis pueden ser aumentadas a siete por mil, o la velocidad aumentada.

Si es que hay varias máquinas que son aproximadamente iguales es bien calcular la cantidad de vapor que consumirían y eliminar las de mayor gasto de agua y carbon y las que requiren mayor espacio de caldera.

Un aumento en el diametro de la rueda aumenta el largo de la máquina, adelgaza la caldera, y alza el centro de gravedad. Luego habiendo eligido una bastante grande para dar la velocidad requerida, no es necesario ir mas allá. Es evidente que el aumento del diametro disminuye la resistencia a revolución pero tambien disminuye la fuerza de tracción. No debe entenderse que este metodo fija con precisión la máquina que será construída, pero si uno basa su presupuesto sobre esto, en cuanto se refiere al costo y trabajo que hará, es muy probable que la máquina usada en la explotación no variará mucho—digamos diez por ciento—ni en precio, ni en producción. El peso del tender bajo condiciones generales, es aproximadamente dos tercios del peso total de la máquina completa.

* Para aproximar el precio de la máquina completa puede decirse que costará cerca de nueve centavos oro americano por libra, o sea veinte centavos por kilogramo en Nueva York, y a esto hay que agregar el costo del tender que puede variar desde seiscientos hasta mil seiscientos dollars, como límites, y entre los límites puede costar hasta veinticinco dollars por tonelada de maquina completa. Sabiendo que fuerza de tracción es necesaria, se puede aproximar el caballo-fuerza (H.P.) asi:

$\frac{TV}{375}$ = H.P., cuando T es fuerza de tracción en libras y V, velocidad en millas por hora. Si T se expresa en kilógramos por hora, entonces H.P. $= \frac{TV}{273}$ (muy aproximadamente). (V = km. h).

Por cada H.P.-hora es necesario cuatro libras (1.8 kg.) de carbon, y ocho veces, o treinta y dos libras de agua. En este caso H.P. = 720.5, usando la resistencia en vez de fuerza de tracción, en la sección de alta velocidad. En la sección de menos velocidad, H.P. = 666.8. Si son iguales las distancias que correrán a cada velocidad el promedio de consumo de carbón será 2,775 libras, o aproximadamente mil doscientos (1,200) kilógramos de carbon y diez mil kilógramos de agua por hora. A esto sería conveniente agregar diez por ciento por pérdidas en estaciones. El tender podría contener, digamos, entre dos y tres toneladas de carbon y diez toneladas de agua, siendo necesario asi tener una carbonería cada dos horas, u ochenta kilómetros, y un tanque para agua cada hora. Estas distancias serían cambiadas según las facilidades para colocar los tanques y las carbonerías, y tomando en cuenta el tiempo requerido para atender a los pasajeros y carga. Tambien hay que tomar en cuenta que en dias de tiempos malos se puede necesitar mas carbon y agua, luego sería preferible disminuir la distancia entre depósitos y aumentar la capacidad del tender.

Se menciona la reducción de capacidad porque diez metros de agua es mucho llevar, y consume fuerza de tracción. Si hay estaciones y facilidades sería preferible reducirla aun hasta seis metros cúbicos. Todo depende de las condiciones de cada caso.

Para aproximar el peso total del tender se multiplica el peso de agua que llevará, por veinticuatro decimos (2.4). Despues de haber estudiado todas las condiciones, no es dificil que se

* Precios han aumentado mucho ultimamente.

vuelva a elegir la máquina para que haya conformidad entre todos los cálculos. Han sido introducidos muchos datos aquí para mostrar métodos, y el ingeniero debe consultar varios catálogos para hacer su selección con cuidado si es que será comprado lo que él elige.

Considerando el segundo párrafo en la lista de resistencias, ó fricción, se nota que varía desde uno y medio hasta seis kilógramos por mil kilos, pero se considera que está en buen estado el equipo. En vias industriales en mal estado, y con carros malos, puede, y ha alcanzado hasta veinticinco kilógramos por tonelada.

La tabla no fué hecha para los pequeños carros de truck rígida, y de cinco a diez toneladas de peso incluyendo la carga. Probablemente sería bastante mayor la resistencia entre ellas aun si no fuera por mas que la oscilación. La mejor manera de reducir esta resistencia es mantener el equipo y vía en buen estado, y poner rodillos sobre los hombros de los trucks para que el carro entero no se incline sobre un solo lado, que tambien aumenta el peligro de descarrilarse.

El párrafo tres es relativamente completo, pero hay algo mas resistencia que la acceleración, debido a cambios en temperatura de los aceites y otras causas.

Vale la pena repetir la necesidad de disminuir los pendientes cerca de estaciones, y entonces el maquinista puede empujar al tren, ganar unos centímetros en cada acopladura, y saliendo repentinamente, producir una velocidad regular en los carros delanteros mientras que los traseros están estacionarios todavía. No es la provincia del ingeniero poner el tren en movimiento, pero debe saber como el maquinista lo hace.

Resistencia debida a la obliqüidad de tracción será tratado en la sección siguiente.

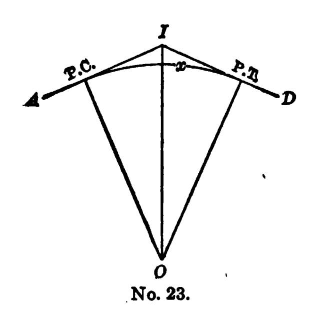
Curvas

Una curva sencilla es un arco de un círculo y cuando está trazada en el campo representa el eje de la vía y terraplen.

Las dos línea *A–I*; *D–I* son tangentes y la línea *PC–x–PT* las conecta. La curvatura se introduce en ferrocarriles para el mejor ajustamiento del trazo a la topografía natural, o artificial, asi reduciendo el costo de construcción; para desviarse de la línea recta y aumentar la longitud, así disminuyendo el gradiente necesario para sobrevencer elevación; y para conectar líneas diferentes, asi facilitando el intercambio de equipo.

Los contra argumentos a la curvatura son, el aumento del costo de construcción, conservación, y explotación, asi como el peligro de accidente inherente que existe siempre cuando hay necesidad de precaución especial.

Generalmente el costo adicional de construcción está limitado a los cargos más altos de ingeniería, conexiones extras, o mas fuertes; el trabajo de encorvar los rieles, y a veces, la instalación de señales que no fuesen necesarios si el maquinista tuviera una vista inobstruida.



No. 23.

Tambien hay casos, como en los patios o en frente de estaciónes, en túneles, o sobre puentes, donde el costo resultante de la introducción de curvatura es muy grande en construcción, conservación y explotación.

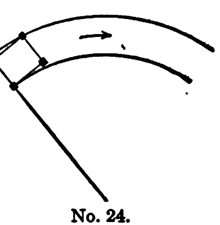
Los cargos de conservación son aumentados por curvatura porque el desgasto del equipo y materiales de la via es mas grande, y debido a las complicaciones de los deberes, ordinariamente muy sencillos, de la gente que repara las vias.

Las vias curvas tienen que ser conservadas en una condición algo diferente de las rectas, es decir, el riel exterior requiere un exceso de elevación sobre el riel interior, y por ojo no es posible mantener el alineamiento debido. Luego es necesario emplear ingenieros, con un gasto adicional, para guiar a los obreros, porque la corrección de superelevación y alineamiento requiere conocimientos técnicos, y es menester la corrección porque los terraplenes se mueven mojándose y secándose, o helándose y dirritiéndose.

Cuando la via se mueve con las variaciones en temperatura o humedad, el movimiento está en la dirección del tangente, o hácia el exterior de la curva. Si está alineada debidamente no es posible que se mueva hácia el interior porque esto acortaría la distancia entre los puntos terminales de la curva, haciéndolo necesario comprimir los rieles longitudinalmente.

Cuando el carro pasa sobre la curva el truck (marco rígido formado de dos ejes), está compelido a seguir los rieles apesar de la tendencia natural de moverse en una dirección tangente. Por el ensayo y la práctica ha sido probado que el eje trasero del

truck mantiene una posición radial (véase figura No. 24), y que la fuerza que lo obliga a seguir la vía está aplicada en el punto de contacto de la rueda delantera exterior y el riel exterior. Asi es que las únicas dos fuerzas apreciables son ejercidas en la misma dirección y no existe corrección para el movimiento con la excepción de echar la vía a su posición debida con barretas de línea.


No. 24.

El riel exterior y la rueda delantera exterior sufren el mayor desgaste porque el cambio contínuo de dirección del truck es hecho por ellos en el punto de contacto, El desgasto de la rueda no es tan notable como el del riel, sino cuando las pestañas se adelgazan. Si el carro cambia su dirrección, o anda en dirección opuesta, entonces invierte su posición, y lo que fué la rueda delantera exterior en un viaje puede ocupar una posición muy distinta en otra. Tambien pasa por curvas a la izquierda y a la derecha en el mismo viaje, y el desgaste de ruedas está distribuido. El riel, sin embargo, no cambia su posición, y el exceso de desgaste del curvado, sobre el riel recto, es muy notable.

La renovación de los rieles aplastados y las ruedas con pestañas afiladas, o filetes destruídos, es uno de los gastos de conservación, y el desgasto de metal representa un gasto de explotación, porque moler acero requiere mucha fuerza.

Tambien son aumentados los desembolsos de explotación debido a la mayor oposición al movimiento de trenes en curvas, sobre la resistencia ordinaria en líneas rectas. Es costumbre en la práctica determinar lo mas aproximadamente que sea posible el impedimento adicional de una curva dada, y entonces hacer en la gradiente una reducción que es de resistencia equivalente, para que la locomotora pueda mover la misma carga sobre las curvas que mueve sobre las tangentes. Antes de hacer cálculo ninguno de la verdadera fuerza contraria causada por curvatura, supondríamos que en un ferrocarril dado la gradiente es uno por ciento, entonces el componente horizontal es igual a uno por ciento del peso encima. Como tratamos de una tonelada de tren, podemos decir que, debido a la gradiente dada hay resistencia al movimiento del tren de diez kilógramos por tonelada de mil kilógramos. Si el impedimento debido a la curvatura

es igual, en este caso, a dos décimas partes del que se debe a la gradiente, pues en consecuencia de esto se reduce la gradiente hasta ocho décimos de uno por ciento, con resistencia de ocho kilógramos por tonelada. Sumando ésta con la de la curva resulta una resistencia de diez kilógramos por tonelada, la cual es igual a la de línea recta. Entonces la locomotora sigue con la misma velocidad y hace el mismo trabajo en tangente y curva.

Esta reducción en la rampa ha sido llamada "compensación para curvatura." Si no es compensada la curvatura, entonces es necesario usar mas combustible para vencer la mayor resistencia y la velocidad se disminuye, y si la curva es larga y de radio corto, puede hacer parar el tren. Aunque sea compensada la fuerza contraria para igualizar el trabajo de la locomotora, los rieles y ruedas se desgastan uno al otro, y existe la misma necesidad del trabajo adicional para cambiar rieles y ruedas vencidas, y corregir la superelevación y alineamiento. De todos modos es preciso aproximar el costo adicional de un grado de curvatura a un tren diario, y usarlo en presupuestos comparativos de trazos alternantes. Habiéndolo determinado se lo multiplica por el número de grados de curvatura en la variante y el número de trenes diarios, así obteniendo el costo diario de la curvatura. Capitalizado el desembolso cotidiano uno sabe tambien la suma que se puede gastar en construcción para obviar la curvatura porque el costo final del ferrocarril es el costo total, sea gastado directamente en construcción, como capital, o gastado dia por dia en conservación y explotación como interés sobre el mismo capital.

Si es que la empresa es bastante rica, es mejor invertir mas fondos que tener la curvatura del mismo costo, porque el tráfico aumentará con el tiempo, y este aumento, o mayor número de trenes diarios, trae un aumento correspondiente en el costo, o valor negativo, de curvatura. Si está relativamente pobre la empresa, a veces es mejor reducir la inversión immediata, haciendo mayor gasto en explotación, con la idea de cambiar la línea cuando el tráfico lo justifique. Sin embargo, siempre es de desear, que la suma del costo verdadero de construcción, y el costo capitalizado de conservación y explotación, sea el mínimo.

No es posible predeterminar con exactitud el costo de curvatura, pero de todas maneras es menester aproximarlo con la

mayor certeza posible. Han sido hechos muchos experimentos con la deducción correspondiente, de muchas fórmulas para la determinación de la resistencia debida a la curvatura. Algunas de ellas parecen servir muy bien cuando son aplicadas en condiciones muy parecidas, pero si varían un poco las velocidades, o medidas de truck, o via, entonces no dan resultados tan aceptables, y casi todas las fórmulas son netamente empíricas. La discusión siguiente puede merecer la consideración del lector, y forma la base de los valores que usa el autor para rectificar los pendientes en compensación de la resistencia debida a la curvatura. Como las ruedas son rigidamente comprimidas, o forjadas a los ejes, y los dos ejes que forman cada truck son paralelos y separados de una distancia fija, y como la distancia que recorren las ruedas interiores es menor que la de las ruedas exteriores, por ser de menor radio la curva del carril interior; es claro que algunas de ellas encontrarán y vencerán resistencia cuando pasan sobre una curva. Como el eje trasero conserva una posición radial, su rueda interior no resbala, y si se trata de trenes de carga, cae un peso adicional encima de dicha rueda debide a la inclinación excesiva de la via. Siempre es excesiva la superelevación del carril exterior, para los trenes de carga, siendo determinada en todos casos para los trenes mas rápidos, o sean los de pasajeros. El riel exterior es mas largo que el interior, siendo de radio mayor y medido por el mismo arco. Todas las ruedas hacen el mismo número de revoluciones y resulta que las exteriores tienen que resbalar para quedarse parejas con las interiores. Las dos ruedas delanteras resbalan a traves de un espacio que depende del largo del truck, o mejor decir, la distancia de cada una de ellas de la rueda trasera interior, la cual es el centro del círculo por cuyo arco resbalan las ruedas exteriores y delanteras. Las tres ruedas resbalantes son movidas por una fuerza ejercida en el punto de contacto del riel y rueda exterior delantera.

Cuando el tren entra a una curva la tendencia es seguir la tangente, pero cuando el truck camina una distancia corta en línea recta, la rueda delantera exterior empieza a montar el riel, por medio del filete entre la pestaña y el riel. La cara de la rueda está levantada sobre el riel, y está sostenida en la posición alta por la fricción entre la pestaña y el lado interior del riel. Pero, de repente, el peso del carro hace bajar a la rueda, y cuando baja, el truck se mueve a traves de un ángulo

pequeño, cambiando la dirección del carro. Asi es que el tren pasa por la curva en vez de seguir la tangente, o una línea recta, y asi es que la rueda exterior delantera guía el truck. Como el eje trasero queda en la posición radial es claro que su rueda interior es el centro de revolución. Porsupuesto, el movimiento es muy rápido, ni se pueden ver las subidas y bajadas alternantes, pero es por medio de estos movimientos que se desgastan tan rapidamente los rieles exteriores y las pestañas. Como prueba que es cierto ésto, se puede investigar las condiciones del riel en cualquiera curva, y se notará que es la esquina superior interior del riel exterior que es la mas aplastada. Cuando un tren está parado sobre una curva la rueda delantera casi siempre está mas alta que la trasera, en el lado exterior.

Si son ciertas las teorías ántes presentadas, el riel interior estaría gastado encima por el mayor peso que sostiene, pero no en el lado; y el riel exterior estaría gastado mucho en el lado, y poco encima. Cualquiera curva con un poco de uso es una prueba de que así son gastados..

El cálculo de la resistencia debida a curvatura fué hecho en el sistema de millas-pies-libras, porque los datos de las pruebas disponibles fueron presentados asi. Las traducciones del caso aparecerán en su propio lugar.

Fuerza........................ $=F$
Coeficiente de fricción............ $=f$ tomado a $=0.25$.
Radio de curva.................. $=R$
Grado de curvatura $=\frac{5730'}{R}$....... $=D$ (cuerda de cien pies.)
(Grado de curvatura métrica $=\frac{1146}{R}=Dm$ (cuerda de veinte metros.))
Trocha, distancia entre rieles...... $=G$
Largo de truck.................. $=T$
Peso encima de un truck.......... $=W$ en estas formulas tomado como 2000 lb.
Resistencia en libras por tonelada de 2000 # sobre una via recta y nivel........................ $=j$

El coeficiente de friccion que debe usarse no es determinable con precisión, pero sí, dentro de ciertos límites, de los cuales, probablemente, no pasará.

Valores tan bajos como 0.15, para trucks, y tan altos como 0.33 para locomotoras, han sido encontrados. Probablemente el mas bajo fué debido a rieles mojados, y el mas alto á rieles secos y el uso de arena, aunque no fueron explicados los resultados. Los valores generales varían de 0.20 y 0.25, o sea 0.22, pero en este caso 0.25 fué tomado porque no es raro este valor y es mayor la resistencia de curvatura en cuanto sea mayor el valor de f.

Si se trata de una curva de 360° grados de ángulo, es decir un círculo completo, las ruedas atraviesan una distancia igual a $2\pi R$. El radio del riel interior $=(R-0.5G)$; y del riel exterior $=(R+0.5G)$. Luego cada una de las ruedas exteriores resbala una distancia $=2\pi G$, durante un viaje de $2\pi R$.

En el círculo entero el truck dá una vuelta entera, y, las ruedas delanteras, montando y bajando, muelen el riel y resbalan en distancias muy pequeñas, pero se suman hasta igualar a la vuelta entera. Luego resbala cada una de ellas una distancia de $2\pi T$ durante un viaje de $2\pi R$.

La carga sobre un truck es W, y sobre una rueda es $0.25W$. Entonces la fuerza necesaria para hacer resbalar una rueda $=F=0.25Wf$. La distancia que una rueda resbala en un círculo completo es como sigue:

Rueda trasera interior............ $=O$

Rueda trasera exterior............ $=\dfrac{2\pi G}{2\pi R}$

Rueda delantera interior.......... $=\dfrac{2\pi T}{2\pi R}$

Rueda delantera exterior. .... $=\dfrac{2\pi G}{2\pi R}$ mas $\dfrac{2\pi T}{2\pi R}$

Durante muchos años esto fué aceptado como la fórmula completa y fué reducida, en terminos americanos, á

$$F=\frac{2(G+T)\ 0.25WfD}{5730}.$$

Con una tonelada de 2240 libras, trocha de 4.7 pies, y $T=6$ pies, da un resultado de 0.523 libras de resistencia adicional, igual

a una gradiente de 2.6 por diez mil, por cada grado (*D*). Fué aceptado este número por muchos años y aplicado a cualquiera curva, no tomando en cuenta la diferencia debida a cambios en largo del truck, ni ningun otro detalle.

La resistencia al cambio de dirección es dificil de determinar porque el truck no es una máquina perfecta. No es sabido tampoco la manera en que se aplica la fuerza. Sin embargo, es reconocido que las resistencias mencionadas existirían aun si el tren anduviera con poco velocidad, y es conocido que la rueda delantera exterior no camina sobre su cara, sino con su filete encima de la esquina del riel.

El señor George L. Fowler presentó un estudio ("Car Wheels," o ruedas para carros), ante el Railway Club de Pittsburgh, Pennsylvania (Nov. 22, 1907), en el cuál mostró los resultados de varios experimentos hechos para determinar la presión de la pestaña delantera exterior. Sensible es que todos fueron hechos sobré la misma curva y con el mismo carro, pero las velocidades se variaban. El peso del carro (cargado), fué 142,300 libras; radio, 1300 pies; *D* igual a 4.42°; superelevación $3\frac{1}{8}''$ (correspondiendo a la velocidad de 36.7 millas por hora). La presión media medida contra el riel exterior variaba desde 6000 libras a trece millas por hora, hasta 12,000 libras a treinta millas por hora. Todo lo que fué posible determinar con toda seguridad era que, con el carro y curva dada, un aumento en velocidad aumentó la presión entre riel y rueda delantera exterior, pero no en proporción exacta. Tambien indicó que a velocidades ordinarias uno puede esperar una presión de diez hasta veinte por ciento de todo el peso encima del truck, en una dirección horizontal entre el riel y la pestaña de la rueda. De ningun modo prueba que la presión es contínua, pero da una idea de las fuerzas que las ruedas y vias tienen que resistir. Esta presión horizontal, combinada con la vertical, hace al filete de la rueda andar encima de la esquina del riel, gastándola.

El Sr. Wellington ha encontrado que este desgaste del riel en una curva de diez grados, es dos veces mayor que en una curva de un grado. Tambien ha encontrado que el ángulo entre la rueda y el riel, cuando se pára el tren, es dos veces mayor en una curva de diez grados que en una de un grado. Parece entonces que cualquiera fórmula para resistencia de curvatura debe considerar esta relación.

El experimento de Fowler demuestra que la presión en contra del riel exterior aumenta con la velocidad. Si V indica millas por hora, la presión puede formularse como P (en libras) = $\left(1+\frac{D}{10}\right)8V$, por cada tonelada de 2,000 libras. Esta presion se debe en parte a la tendencia del carro completo á salir de la curva tangencialmente. El carro empuja en contra de la chumacera, ésta en contra de la rueda, y la rueda en contra del riel. La fuerza oblicua de tracción tambien influye, y el aumento repentino en la presión debido a impacto, y a oscilacion, a veces es bastante fuerte para quebrar una pestaña, o aun, un riel.

La resistencia a cambiar dirección en el truck ha sido estudiada tambien por William G. Raymond, Decano del Departamento de Ciencias de la Universidad de Iowa. El opina que la resistencia es igual a la fuerza necesaria para levantar la rueda. El resultado de su estudio fué publicado en el "Railway Gazette," Agosto 17, 1906, página 139. Dice que la fuerza que levanta la rueda trabaja en una distancia igual al diámetro de la rueda (generalmente 33″ en equipo americano), y que la distancia en que trabaja el peso de la rueda es indeterminable, pero probablemente varía desde un octavo hasta un cuarto de una pulgada. El promedio es tres dieciseisavos de una pulgada. Se obtuvo como resultado para este factor 0.4 lb. + 0.04 lb. (D), por tonelada de 2000 lb. por cada grado de curvatura.

Indica que él tambien opina que el factor $\left(1+\frac{D}{10}\right)$ entra, pero no considera á la velocidad como uno de los factores. Es cierto que aumenta la resistencia pero es bueno tomar en cuenta que esa resistencia puede vencerse por medio de impulso. Si el tren viaja a velocidad alta, y al pasar una curva larga pierde diez por ciento de su velocidad no es siempre un asunto de importancia. Hay presiones bastante grandes a pequeñas velocidades. Tomando 25 millas, (40 kilometros) por hora como el promedio de velocidades, la resistencia debida a esta presión sería $\left(1+\frac{D}{10}\right)$ $8V.002$, tomando .002 como la resistencia en carros muy pesados y en buen estado. Resulta 0.4 lb. + .04 lb. D, casi exactamente igual al resultado del Sr. Raymond, pero él lo tomó como el total de la resistencia con $T=5'$. El

autor no considera 0.002 como bastante cuando los carros son pequeños y en estado ordinario.

La tercera complicación viene del hecho que las ruedas tienen filetes entre pestaña y cara, con radios distintos, pero aproximando cinco octavos de pulgada (0.625"). La fuerza vertical es 0.25 W, que trabaja en combinación con la fuerza horizontal. La resultante de éstas hace un ángulo con la vertical de α. Para que la rueda quede en equilibrio debe andar sobre la esquina del riel donde la resultante de las fuerzas corta la curva del filete. La cara de la rueda se alza sobre el riel y el radio rodante de la rueda, (generalmente 16.5" en carros americanos), es aumentado 0.625" versen α.

$$\text{Versen}\,\alpha = 1 - \cos\alpha = 1 - \frac{0.25W}{\sqrt[2]{\left[\left(1+\frac{D}{10}\right)8V\right]^2 + (0.25W)^2}}.$$

La rueda delantera exterior irá a mas distancia que su compañera en un número dado de revoluciones. El aumento de distancia viajada en porcentage, es indicada por la relación $\frac{\text{aumento de radio}}{\text{radio}}$ de la rueda.

Para que vayan juntas es necesario que la rueda exterior resbale por detras, pero ha sido notado que ésta resbala por delante una fracción de la distancia total indicada por $\frac{G}{R}$. Luego el verdadero porcentage resbalado por esta rueda es la diferencia entre la por delante y la por detras, o sea, entre $\frac{G}{R}$, y

$$\frac{0.625''\text{ (radio del filete)}\left[1 - \frac{0.25W}{\sqrt[2]{\left(1+\frac{D}{10}\right)8V^2 + (0.25W)^2}}\right]}{16.5''\text{ (radio de la rueda)}}.$$

Es claro que $\frac{G}{R}$ será mayor cuando D y V son bajos, pero que habrá una velocidad para cada valor de D cuando los dos son iguales y los dos factores desaparecerían.

Como toda la resistencia afectada por resbalaje tiene que incluir el factor 0.25Wf, la fórmula completa puede escribirse en esta forma:

K (=resistencia a la tracción, en libras por tonelada de 2000 #, debida a curvatura)

$$=0.25\,Wf\left[\frac{(G+2T)D}{5730}+\text{diferencia entre}\right.$$

$$\left.\left(\frac{GD}{5730}\text{ y }\frac{0.625}{16.5}\left[1-\frac{0.25W}{\sqrt[2]{\left(1+\frac{D}{10}\right)8V^{2}+(0.25W)^{2}}}\right]\right)\right]+\frac{\left(1+\frac{D}{10}\right)8Vj}{2000},$$

porque $\frac{j}{2000}$ es el factor por el cual se multiplica el empuje contra el riel, y $\frac{G}{R}=\frac{GD}{5730}$. Hasta que uno puede introducir mas valores conocidos es difícil reducir mucho la fórmula, pero tomando, como hemos usado, W igual a uná tonelada de 2000 libras; $f=0.25$; se encuentran tres condiciones; cuando $\frac{G}{R}$ (resbalaje adelante), es mayor, igual, o menor, que la fracción que representa el resbalaje por atras.

Las resistencias correspondientes, en libras por tonelada de dos mil libras, son:

Primero,

$$\frac{D(G+T)}{22.92}+\frac{(10+D)Vj}{2500}-4.73\left(1-\frac{500}{\sqrt[2]{\left(1+\frac{D}{10}\right)8V^{2}+(0.25\mathrm{W})^{2}}}\right);$$

Segundo,

$$\frac{D(G+2T)}{45.84}+\frac{(10+D)Vj}{2500};\text{ y}$$

Tercero,

$$\frac{DT}{22.92}+\frac{(10+D)Vj}{2500}+4.73\left(1-\frac{500}{\sqrt[2]{\left(1+\frac{D}{10}\right)8V^{2}+(0.25W)^{2}}}\right).$$

Estas fórmulas son muy largas y no fáciles de aplicar si uno no conoce los valores que deben usarse. En algunos casos parece preferible vencer las altas resistencias por impulso en

curvas de radio largo, y se puede decir que generalmente la velocidad eligida para determinar la resistencia debe ser menor que la que se elige para determinar la superelevacion de los rieles exteriores, porque la superelevacion es para las velocidades máximas mientras que la compensacion para resistencia en curvas es para trenes pesados y lentos. En cuanto se refiere á resistencia á la traccion, el autor prefiere considerar las velocidades siguientes:

$$\frac{\text{Grado de Curvatura} \quad 0 \quad 10 \quad 20 \quad 30}{\text{Velocidad (Millas-hora)} \quad 25 \quad 20 \quad 15 \quad 10}, \left(\text{ó sea } V=25-\frac{D}{2}\right).$$

Si $G=4.7$; $T=6'$; y $j=6.25$ (libras), entonces $K=$

Grado.	Resistencia, libras.	Compensacion en gradiente, por diez mil.	"Recomendada" por diez mil.
1	1.36	7	8
2	1.64	8	9
3	1.94	9.7	10
4	2.23	11	12
5	2.52	12.6	14
6	2.80	14	16
7	3.23	16	18
8	3.64	18	20
9	4.07	20	22
10	4.47	22	25
12	5.30	26.5	30
14	6.14	31	35
16	7.07	35	40
18	7.96	40	45
20	8.86	45	50

Si las condiciones permiten usar los valores tomados, y la via y equipo se mantienen en buen estado, entonces las resistencias calculadas deben ser las que encontrarian, pero si son algo peor las condiciones esperadas seria preferible compensar un poco mas las curvas. Donde no es factible disminuir el impulso del tren es bien aumentar la compensacion. Esta situacion se encuentra cerca de las cumbres. Para las condiciones dadas el autor usaria las compensaciones siguientes: Para curvas de diez y mas grados, disminuiria el gradiente á razon de dos y medio por mil por cada grado de curvatura; y las de la columna "recomendada," para curvas de grado menor.

Todos estos cálculos han sido basados sobre el sistema americano de millas, libras y pies.

Basado sobre los mismos experimentos la formula en el sistema metrico, cuando D es igual a $\frac{1146\text{ (metros)}}{R\text{ (metros)}}$; una tonelada es igual a mil kilógramos, presión contra el riel en kilógramos, todas las longitudes en metros, V en kilometros por hora, radio de filete igual a 0.0159 m., y radio de la rueda 0.419 m.; es como sigue:

$$0.25Wf\left[\frac{(G+2T)D}{1146}\right.$$
$$\left.+\begin{matrix}\text{diferencia}\\ \text{entre}\end{matrix}\left[\frac{GD}{1146}\text{ y }\frac{0.0159}{0.419}\left(1-\frac{0.25W}{\sqrt[3]{(2.5+.38D)V^2+(0.25W)^2}}\right)\right]\right]$$
$$+\frac{(2.5+0.38D)Vj}{1000}=K$$

(resistencia en kilogramos por tonelada de mil kilogramos).

Esta formula puede reducirse mucho mas cuando uno fija los valores correspondientes.

Considerando que $W=1000$ kg; $G=1.435$m.; $j=2.49$ kg.; $T=1.82$ m.; $f=0.25$; y las velocidades como son indicadas en la primera tabla; las resistencias serían las indicadas en la segunda tabla.

Grado de curvatura métrica	0	5	10	15	20
Velocidad km. por hora	40	34	28	22	16

, o sea $V=(40-1.2D)$.

Correspondiendo a

Grado	1	2	3	4	5	10	15	20
Resistencia	.735	1.00	1.38	1.69	1.88	3.63	5.41	7.2
Compensación	8	11	14	17	20	38	56	74

La compensación es indicada en partes por diez mil. La variación en la compensación ocurre a los cinco grados porque es allí donde el resbalaje por delante es igual al por detras.

Cuando los ingenieros discuten las trochas muchos adelantan el argumento que curvas mas forzadas pueden usarse en líneas

de trochas angostas. La importancia de esto ocurre solamente en lugares que necesitan radio corto, digamos, siempre de grado mayor que cinco. No es posible considerar todas las condiciones posibles, pero se puede considerar que el largo del truck variará muy aproximadamente en relacion directa con la trocha. Tomando la trocha de 4′ 8½″, o sea 1.435 metros como base, con truck de seis pies de largo se puede decir que el largo del truck será muy aproximadamente 1.27 veces mayor que la trocha.

La resistencia debida a trocha y truck es indicada por

$$0.25 Wf \frac{(2G+2T)D}{1146} = 0.2476 GD \text{ kilogramos,}$$

Si $G = 5.5'$ = 1.68 m., entonces resistencia correspondiente = 0.416 D (en kilogramós);

4.71 = 1.435 m., entonces resistencia correspondiente = 0.355 D (en kilogramós);

3.28 = 1.000 m., entonces resistencia correspondiente = 0.248 D (en kilogramós);

3.00 = 0.91 m., entonces resistencia correspondiente = 0.225 D (en kilogramós).

El promedio de las resistencias en kilogramos por tonelada debidas a curvatura en trocha de 1.435 y para curvas mayores que cinco grados, es 0.365 D. de la cual la resistencia afectada por trocha y truck forma 97.26%. La resistencia en curvas de un metro de trocha es 70% de la de 1.435 m. En una via de un metro el radio puede ser aproximadamente 70% del radio en via de 1.435 metros, para que la resistencia en curva sea igual, lo cual permite el uso de pendientes un poco mayores, por la compensación disminuída, en curvas, pero no afecta a las gradientes en tangente. Si es que se disminuye el radio es claro que no pueden aprovecharse de la elevación salvada, y aprovechando la elevación no se puede disminuir el radio para que quede en iguales condiciones para la explotación.

Cuando un tren entra a una curva la tendencia es seguir una línea recta. Esta fuerza centrífuga tiene que ser contrarrestada por una fuerza centrípeta, la cual se produce colocando el riel exterior mas alto que el interior, o dando superelevación al riel exterior.

La fuerza centrífuga $= F = \frac{Wv^2}{gR}$;

La fuerza centrípeta $= P = \frac{We}{G}$;

Acceleración de gravedad $= g = 9.8$ms.;

Peso del tren $= W$;

Masa del tren $= \frac{W}{g}$;

Radio de la curva $= R = \frac{1146}{D}$;

Grado de la curva $= D = \frac{1146}{R}$;

Velocidad en kil p. h. $= V$;

Velocidad metros segundo $= v = \frac{1000V}{3600}$;

Como $P = F, \frac{Wv^2}{gR} = \frac{We}{G}$. Como $v = \frac{1000V}{3600}$, resulta que $e = \frac{V^2G}{127R}$, y si $G = 1.43$, entonces $e = \frac{V^2}{88R}$.

Para cualquiera otra trocha la superelevación es proporcional, pero sería preferible preparar una tabla para cada trocha. La tabla correspondiente a la trocha 1.00 aparece en la sección de tablas.

El coeficiente de fricción entre dos caras de acero varía desde 0.15 hasta 0.30. Mas comunes son los límites desde 0.20 hasta 0.25. No es raro el mas bajo, y si la via es superelevada hasta la 0.20 G, y si un tren lento pasa, puede resbalar hacia el interior de la curva siendo sostenido solamente por la pestaña contra el riel. Ademas un peso adicional cae encima del lado interior del truck, y prohibe su movimiento libre, hasta formar un ángulo tan pronunciado que la rueda exterior delantera, o la interior trasera, encuentra un bajo y monta al riel. Mas peligroso sería si en combinación con esta condición pasa por la línea un carro cargado de maquinaria alta y pesada que ayudan a alejar del centro el punto donde la resultante de gravedad corta la via.

Si la curva es aguda es preferible disminuir las velocidades de los trenes rápidos cuando la pasan, limitándose a la octava parte de la trocha si la via es solamente para trenes rápidos, y un

duodécimo si la línea es para trenes rápidos y relativamente lentos. Estas reglas son mas bien el resultado de la práctica.

Limitaciones a la Curvatura.—No es muy práctico correr trenes de pasajeros a velocidades menores que treinta kilómetros por hora. Si $G=1.435$, y la via es para toda clase de trenes, la superelevación de .12 m., a velocidad de treinta kilómetros, corresponde àl radio de ochenta y tres metros, y probablemente sería optado el radio de cien metros como mínimo, si la entrada de la curva no tiene espiral, o curva de transición. La velocidad de treinta kilómetros es arbitraria. Una velocidad de quince kilómetros por hora permite el uso de curvas que pasarían por las intersecciones de cualquiera calle ordinaria con ángulos rectos. Hay curvas existentes donde pasan carros sin locomotoras de truck largo, que no tienen mas que veinte metros de radio. El Virginia Central Railway, en Rock Fish Gap (Estados Unidos), tenía, y puede ser que exista hoy, una curva de setenta y dos metros de radio, por donde pasan equipo moderno, carros dormitorios Pullman, y grandes locomotoras. La línea Baltimore and Ohio tiene una curva de noventa metros en Harper's Ferry. En las cordilleras de Mexico hay una curva tras otra de cien metros radio y en cuanto se refiere a movimiento de trenes, no han causado dificultades. Hay otras limitaciones a curvatura en los patios, en vias en los centros de ciudades, o en *Y*'s. El radio mas corto que el autor conoce es de 18 metros en el patio del ferrocarril Pennsylvania, en Philadelphia. Locomotoras no la pasan, pero algunos carros si.

En la práctica norte americana la rueda general para carros es de 33 pulgadas diámetro, con pestaña de 1.25 pulgadas. El largo del truck no puede ser menor que 36 pulgadas (3 pies). La trocha, o calibre de las ruedas es media pulgada (0.04 pies), menor que la de la via.

El radio de la curva (No. 24) ocupado por el truck es determinada por la fórmula $(R-.04)^2+3^2=R^2$, ó $R=112.5$. Quiere decir que el truck de tres pies pasará la curva (Riel exterior), de 112.5 pies, o sea 34 metros, sin aumentar la trocha. Sin embargo, no es costumbre usar trucks de tres pies de largo, sino de seis pies de largo en norte américa y en muchas otras partes, el cuál pasa por un radio de 450 pies (137 metros), sin aumentar la trocha. La cara de las ruedas de treinta y tres pulgadas son tales que se puede aumentar la trocha una pulgada (.025 m.), sin peligro, a bajas velocidades. Las ruedas tienen media pul-

gada menos que la trocha, y resulta un espacio de una pulgada y mediá. Por el método usado arriba, resulta un radio mínimo de ciento cincuenta pies, o sea cuarenta seis metros sin el uso de guarda rieles, y sin que pasen trucks mayores que seis pies, como sucede con locomotoras. En la posicion mas dificil de trucks torcidos que permite movimiento, el eje longitudinal del truck será normal al radio que pasa por su centro, y la línea conectando las dos ruedas interiores tocaría al riel interior. Luego el ordinado medio del riel exterior sería la trocha de la via menos la trocha del truck, o sea en este caso, una pulgada y media (0.038 m.), la octava parte de un pié. Entonces el radio mínimo es treinta y seis pies, o sea once metros, pero el hecho de que se puede forzar a un carro pasar por un radio tan corto, por medio de guarda rieles, no permite su uso en cualquiera parte. Los rieles y las ruedas se muelen uno al otro, y si hay alguna cosa irregular, o si la curva no está bien engrasada, es muy fácil que hayan descarrílamientos. La construcción tiene que ser tan buena que parece mas bien una máquina que una via. Los ferrocarrileros nunca piensan en curvas tan agudas pero con trucks de seis pies, y ruedas como las consideradas, varias empresas de tranvias han aproximado a este radio. En la ciudad de Mexico hay varias en los patios de los tranvias. No es recomendado usar radios menores que sesenta pies, bajo las condiciones consideradas, y aun entonces uno debe colocar guarda rieles en los dos lados. En curvas de cien metros, o mas, de radio, un truck de locomotora de dos veces mayor que el de los carros, puede pasar la curva sin guarda rieles, pero lentamente. Esto es debido a la guia radial que conecta el truck de la locomotora al bogey, o pony truck, que va debajo del piloto. Este guia radial cambia la direccion del truck de la locomotora y el efecto es parecido al de un guarda riel. Las locomotoras tienen dificultad en pasar curvas muy forzadas si la trocha ha sido aumentada, o si el truck es largo y hay tres ruedas motoras acopladas, porque la pestaña de la rueda del medio se aleja tanto del riel que monta al guarda riel. Se ha evitado esta dificultad en muchos casos con la eliminación de la pestaña de la rueda en medio. Esta rueda, entonces, se conoce por el nombre de "motora ciega."

El estudio de los límites de curvatura es interesante, pero el autor nunca ha encontrado un lugar en las cordilleras mas difíciles donde no podia pasar con una curva de sesenta y cinco

metros (trocha de noventa centímetros). Los límites en la práctica deben ser fijados por la mejor condición que se puede obtener en el territorio con el dinero y tráfico disponible. El "Union Pacific Railway" de los Estados Unidos, fijó el radio mínimo en cuatrocientos cincuenta metros por lo general, pero usaron doscientos cincuenta metros cuando el terreno lo exigió.

Espirales.—Ha sido notado que las curvas requieren superelevación, pero las tangentes no. Los obreros suelen poner la mitad de la superelevación en los puntos de la curva, aumentándola hácia la curva, y reduciéndola en la tangente, a razon de uno a trescientos hasta cuartocientos. Tambien echan el punto de la curva hácia el centro, dejando un codo un poco mas allá. En la buena práctica se introducen curvas de transicion, o espirales, y los obreros no tienen que modificar los puntos de la curva.

Varios espirales han sido introducidos en varias partes, y casi todos son basados sobre la parábola, que es difícil estacar en el terreno. El espiral mas sencillo y adaptable que es conocido por el que escribe, fué preparado por el bien conocido ingeniero en jefe del "Southern Pacific Railway," de los Estados Unidos y México, Mr. William Hood. Esta curva es una serie de arcos sencillos, uno tras otro, pero variando poco de la parábola. Las varias tablas de este libro han sido usadas por el que escribe, y el autor de ellas ha tenido la bondad de permitir su reproducción. Entre ellas se puede eligir un espiral que conformaría con las condiciones generales del terreno que uno encuentra, lo cual no es siempre lo mas largo, que puede echar la curva demasiado hácia el centro.

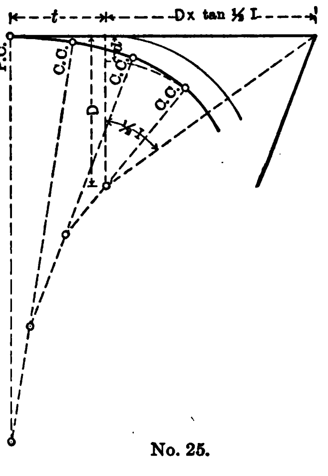
Parece impropio incurrir en cualquier aumento de costo con ideas de suavizar curvas en interés de la velocidad de trenes en terrenos donde las inclinaciones transversales amenazan la via con derrumbes, deslaves y otras obstrucciones (aunque esto sea admisible en terrenos relativamente planos), porque aun si la línea se concibiese a costo practicable, toda en tangente y suave curvatura, sería impropio bajo las condiciones del terreno ya expresadas permitir el movimiento de trenes con velocidades mayores que 40 kilometros por hora, siendo ésta la velocidad máxima en curvas forzadas.

De interés serán algunas apreciaciones sobre el empleo de curvas, de diversas espirales y diversas distancias entre éstas.

El espiral facilita el medio de superelevar suavemente para la

curva principal asi como disminuir la brusquedad del cambio de tangente a la curva. El efecto de suavización para el alcance de este fin, o seà la distancia entre el punto original de la curva y el punto correspondiente con el uso del espiral está indicado en las tablas con letra *d*.

Es evidente que la utilidad de espirales depende de las velocidades, y por consiguiente es menos necesario con velocidades de 40 kilometros que lo que sería si fuera ochenta kilómetros por hora. Luego uno puede adoptar curvas de menor radio y reducir longitudes de tangente entre las mismas, si la economía en costo alcanza a una suma apreciable. El espiral en curvas de una línea no justifica el empleo de velocidades que no se permitirían en líneas donde el espiral no existiese, es decir, si dado el radio de una curva, toda velocidad en exceso a 40 kilometros por hora que un tren alcanzase sobre ella seria peligroso, queda patente que no hay espiral posible que permita velocidades excesivas, ni' al entrar en curva, o dentro del arco de la misma. El empleo de espirales de radios demasiado largos, o tangentes de longitud excesiva entre las curvas intróducidas en una línea que atraviesa por las cordilleras, por terrenos de fuerte inclinación transversal, o que sigue el curso de rios caudalosos en cañadas peligrosas, no debe ser obligatorio a los encargados del trazo, porque su aplicación puede aumentar el costo de construcción considerablemente, sin obviar los peligros de derrumbe, ni facilitar grandes velocidades.



No. 25.

Cuando las curvas proyectadas sin espirales son separadas solamente por el tangente mínimo, el efecto de la introducción de espirales se indica por la longitud adicional que es necesario dar al tangente para colocarlos. Para introducir un espiral es necesario una adición al sub-tangente igual a *t*, en las tablas. Si *L* indica tangente mínimo entre dos curvas, y se pretende

usar espirales de t, y ta, entonces es necesario aumentar el tangente hasta que $L = t + ta$, suponiendo que L sería reemplazado por espirales, lo cual es permisible. Bien fácil es que la introducción de espirales demasiado largos cambie la posición del centro de la curva de diez a veinte metros cuando la curvatura es de cuatro a siete grados métricos y los tangentes mínimos usados sin espirales son de veinte a cuarenta metros. Este cambio del centro puede echar una línea al rio o adentro del cerro, con costo prohibitivo, sin aumentar la velocidad justificada de los trenes. Por supuesto, el uso de espirales largos es deseable si no aumentan el costo de construcción, y sin eliminar completamente la parte recta entre los espirales. Si es posible, es bueno tener línea a nivel hasta dos veces el largo de la locomotora mas larga que pueda ser adquirida por la empresa.

Pequeñas diferencias en el largo de tangente entre espirales afectan menos a la posición del centro de la curva, que la selección del espiral. Parece mejor, entonces, usar espirales mas cortos, que acortar la tangente entre ellos. La manera de hacer los cálculos aparece en los diagramas y las tablas que se incluyen en la sección correspondiente.

"Para determinar la compensacion para curvatura, sobre un espiral, es costumbre calcular la compensacion que seria usada si el espiral fuera una curva sencilla del mismo angulo, y introducir esta compensacion, o diferencia en gradiente, prorata entre las estaciones nominales o enumeradas consecutivamente, que quedan mas cerca al punto de espiral y punto de curva compuesta. Si el tren fuera concentrado en un solo punto no seria asi, pero un aumento pequeño de resistencia en un punto, en este caso, reduce la resistencia en otro punto y el efecto es igual."

" A los que desean colocar espirales a curvas existentes, o sea en lineas construidas ya, y a los que hacen estudios en cordilleras sumamente accidentadas, se recomienda el uso de tablas extendidas que permiten el ajustamiento de la curva con la mayor certeza. El autor de este no ha encontrado necesidad usar una variacion mayor que el ofrece aqui, en el trazo de lineas nuevas, pero hay necesidad de otras en la reconstruccion de lineas antiguas. Las tablas completas que sirven para cualquier caso son publicadas en ingles y son disponibles en Nueva York."*

El Valor Negativo de Curvatura se calcula generalmente

* "The Railroad Taper"—Perkins. (John Wiley & Sons, Inc., 432 Fourth Avenue, New York. $2.50.)

sobre la base de que los gastos adicionales varían como sigue, cuando la resistencia normal sobre via nivel es duplicada:

GASTOS AFECTADOS POR CURVATURA

Cuenta.	(E.E.U.U. 1913)	Aumento por 250° Curvatura.	Costo del Aumento.
Combustible linea	9.85	20%	1.97
Agua	0.63	10	0.06
Lubricantes y estopa	0.38	10	0.04
Conservacion locomotoras	8.67	50	4.33
Conservacion carros	10.25	.50	5.13
Renovar rieles	0.96	70	0.67
Renovar durmientes	2.96	40	1.18
Lastre y terraplenes	7.75	25	1.94
Otros gastos	58.65	00	0.00
	100.00%		15.32%

Para calcular el consumo de materiales es necesario aproximar el peso total que pasará en un año. No es necesario saber que el peso sea distribuido en cierto número de trenes para esto, pero es costumbre hacerlo porque eso indica el número de viajes de la locomotora y porqué las cuentas de gastos de ciertas clases se basan sobre el número de tren kilómetros. Esta solución no es mas que una guía y los números deben ser rectificados, o verificados para cada división de una empresa. Tambien hay que tomar en cuenta que la resistencia no es exactamente proporcional al radio, aunque se considera asi aveces, por falta de datos. Sería mejor hacer el cálculo para cada radio que se propone usar. Tomando como base una curva de cinco grados (arco de veinte metros), y un tonelage de 365,000 por año, y refiriéndose a la tabla de resistencias resultantes de curvas, puede decirse que una curva de cinco grados tendrá en un kilómetro de largo $5 \times 50 = 250°$. Bajo ciertas condiciones la resistencia es igual a 1.88 kilógramos por mil. Refiriéndose a la sección correspondiente a gradientes menores, puede decirse que el consumo adicional de carbon en este caso es $365{,}000 \times .00626$ (kg.) $\times 1.88 = 4296$ kg. (o sea, 17.2 kg. por grado, por año). Si la via fuera nivel y recta y la resistencia igual a tres kilógramos por mil, el consumo de carbon sería en este caso 5.3 kg. por kilómetro,

en teoría. Sin embargo las vias de las cuales tenemos estadística no son niveles, y segun datos generales la indicación es que las gradientes medianas son, mas o menos, el ángulo de reposo. Luego el consumo por kilómetro sería 10.6 kg. por hora. La mitad del carbon consumido es para calentar la caldera y para reponer pérdidas en radiación indicando un consumo por kilómetro de 21.2 kg. por kilómetro. En territorio nuevo, y en Sud America en general, exceptuando Argentina, los gradientes son mayores que en los Estados Unidos. Parece justo decir, pues, que un kilómetro de curva de cinco grados, o 250° grados total, aumenta el consumo de carbon 20%. Del mismo modo se, calcula que el aumento de agua y lubricantes es aumentado 10%. En el cálculo de agua hay que tomar en cuenta que los gastos son principalmente para conservar las instalaciones y pagar sueldos que varían poco con la cantidad de agua usada. Estos gastos deben ser rectificados en cada caso.

Mas o menos 20% de los gastos de reparaciones a locomotoras son a la cuenta de llantas y ruedas. La maquinaria y marcos cuestan 30% del total de reparaciones, lo demas siendo para calderas, fogones, etc. No se sabe que parte del 50% por ciento es por cuenta de curvatura, pero sabemos aproximadamente que las ruedas sacadas por tener pestañas agudas, o por estar rotas o agrietadas, es menos que la quinta parte. Los golpes y afilación a las pestañas ocurre mas en curvas y patios que en línea recta, pero hay mas línea recta que curva, generalmente.

Ademas la oscilación en via recta es considerable aun si la via está perfectamente nivel. Las ruedas aplanadas son causadas mas por gradientes y la aplicación repentina de los frenos, que por curvatura, aunque el resbalaje, debido a curvatura, merece atención. Nadie sabe que porcentage debe usarse, pero cualquiera puede tener una opinion. La del autor es que el aumento de curvatura hasta 250° grados por kilómetros aumentaría los gastos en rueda y máquina cien por ciento, o total de gastos para reparaciones 50%.

En cuanto a carros que no tenga maquinaria, la parte correspondiente mas o menos a la curvatura sería mas o menos cuatro por ciento del total de reparaciones a carros. Para la curvatura de 250°, sería un aumento de cincuenta por ciento.

Refiriéndose al desgaste adicional de rieles en curvatura el ingeniero Wellington dice que en una curva métrica de siete grados, es doble el desgaste que en tangentes. Tambien dice que

es tres veces lo de tangente. Varios ingenieros modernos de los Estados Unidos lo estima entre dos y tres veces mayores. No hay seguridad en aceptarlos sino como una aproximación, y cuando el autor considera 240% aumento, es con el presentimiento que es demasiado. Aceptando la idea de Wellington que es doble de tangente en curvas de siete grados, resulta que el 70% mayor en un kilómetro de via con 250°. Estos datos deben ser comparados con los gastos por kilómetro de tren y el autor cree que las indicaciones de gastos por kilómetro de via resultarán bastante diferente de los que se aceptan generalmente.

Durmientes que duran nueve ó diez años en tangente sirven para seis en curvas de siete grados. 350° indican un aumento de 50% hasta 60%. Para 250° por kilómetro el aumento sería 40%. En el desierto puede ser menos aun. Si el radio es corto es necesario usar mas clavos en *el interior* o soportes en el exterior, ó las dos cosas. Esto aumenta los gastos de construcción y conservación pero los durmientes son mas duraderos. Si el clima es frio y caliente, alternativamente, los gastos en terraplen pueden aumentarse 50% en 350° por kilómetro, ó 35% en 250°. En paises templados el aumento no pasaría de 25% y puede ser menos.

Como se trata aqui, ó de desiertos frios, ó de lugares templados, donde los terraplenes no varían en forma por cambios severos de humedad y temperatura que tienden a aflojar la via y permitirla moverse por empuje lateral en curvas, será usado el valor menor.

Parece que el aumento por 250° sería 15.32% de los gastos por tren kilómetro o 0.061% del costo por tren kilómetro por grado. Si es compensada la curvatura por medio de reducción en gradientes, y la dicha reducción no cuesta nada entonces el valor negativo sería 0.053% por grado. Si el costo de un tren kilómetro es un dolar, el costo por tren debido a un grado de curvatura compensada, según este método aproximativo, sería .053 cents y con un tren en cada dirección por dia sería $730 \times .053 = 38.7$ cents por grado. Si hay diez trenes en cada dirección por dia un ángulo de cuarenta grados costará $145 por año. Aun si la empresa puede obtener dinero a seis por ciento el valor capitalizado sería solamente $2,500 dolars. Con cuarenta grados en dos kilómetros de línea puede disminuirse bastante el trabajo en cualquiera parte accidentada, cuando $2,500 no haría gran cosa si no sea tierra la que tiene que moverse.

Resulta $250 por tren, y si es que el tráfico es poco, digamos dos trenes por dia en cada dirección, es claro que es razonable usar mucha curvatura para reducir gradientes, o gastos de construcción.

Longitud o Distancia

El costo adicional de distancia depende de varias condiciones. Si el tráfico es pequeño y hay garantía de entradas, o si pagan las tarifas segun distancia, entonces aumentos pequeños no cuestan nada, pero hay que estar seguro de no introducir tanta distancia que otra línea pueda entrar en la zona y tomar el tráfico. Cuando los aumentos son pequeños es raro que haga diferencia notable en muchos gastos. Cuando el aumento es mucho, medido en decenas de kilómetros, afecta los jornales y el costo es mayor que el indicado en la tabla, porque incluirá los tres gastos adicionales de arriendo de carros, si se arriendan, mas tambien los jornales y estaciones adicionales. Se puede formar una idea del costo adicional de la tabla siguiente:

EFECTO DE DIFERENCIAS EN DISTANCIAS

Cuenta.	(E.E.U.U. 1913)	Pequeñas (metros) %	Grandes (km.) %
Combustible	9.85	50	67
Agua	0.63	0	50
Lubricantes y estopa	0.38	25	50
Conservacion locomotoras	8.67	20	50
Conservacion carros	10.25	15	40
Tren menesteres	1.83	0	40
Renovacion rieles	0.96	60	100
Renovacion durmientes	2.96	80	100
Lastre	0.39	80	100
Vias y terraplenes	7.37	20	30
	43.28	30.5	52.6
Arriendo de carros Empleados de tren de linea Patio y edificios			
	100.00		

Los gastos para reparación a locomotoras varían de 25% hasta 60% por cambios en distancia, pero fueron reducidos a

"20 hasta 50" porque la sexta parte de locomotoras es para servicio de patio, que no es afectado por diferencia en distancia. Las reparaciones que son mas bien relacionadas con distancia son las de ruedas y acopladuras.

Para determinar el efecto de grandes cambios puede notarse que los sueldos de empleados de máquina era 6.14% del total de gastos en el año 1913 en los Estados Unidos, y de los empleados de trenes 6.51%. Puede decirse que en los Estados Unidos el aumento de distancias pequeñas aumenta los gastos totales por una suma igual al gasto promedio por año por tren kilómetro multiplicado por una suma cerca de treinta por ciento, y si la distancia es grande, digamos mas que un kilómetro, se multiplican por una suma cerca de 50%, a lo cual hay que agregar los sueldos y arriendos que son segun distancia. En ningun caso debe usarse esta tabla directamente, sin tomar en cuenta las condiciones de la zona considerada.

Es costumbre general referirse al tren kilómetro en el cálculo sobre el costo de distancia. Verdaderamente los gastos adicionales para conservación de via debian ser sobre el costo de conservación por kilómetro, pero de todos modos el resultado es nada mas que una aproximación y no debe ser considerada como una solución exacta. El ingeniero estudiará las condiciones locales en cada caso, tomando en cuenta que lo que busca es la suma que se puede dejar de gastar sin errar por demasiado economía. La idea de averiguar cuanto se puede gastar es erronea, porque los gastos deben ser reducidos, especialmente en líneas nuevas. La pregunta razonable es "Cuanto se puede dejar de gastar?"

Habiendo determinado el costo adicional por tren kilómetro, se multiplica esta suma por 365×2, o sea el número de trenes por año con un tren diario en cada dirección, y se divide esta suma por el interés que paga la empresa. El resultado es el valor negativo de distancia por un tren diario. Si las entradas debidas a mayor distancia son mayores que los gastos, no deben preocuparse de distancias pequeñas, o cuando mucho asignarlas un valor de zero.

Gradientes

Este problema se divide en dos clases. La primera consiste en las que se pueden subir y bajar a velodicades regulares, y el costo de la *subida y bajada* es indicado por el mayor desgaste

de materiales y consumo de combustible, etcetera, sobre lo que sería necesario en vias a nivel. La velocidad mayor en bajada se convierte en impulso para ayudar en la subida.

La segunda clase consiste de *gradientes gobernantes*, que limitan el peso y así aumentan el número de trenes, o disminuye la velocidad hasta tal punto que el costo es mayor. La primera de estas dos clases puede subdividirse en tres; (*a*) las que son tan ligeras que no afectan al manejo de la locomotora; (*b*) las que requieren una reduccion ó aumento de vapor para bajar, ó subir, pero no requieren el uso del freno ó palanca, y (*c*), las que requieren reduccion de vapor y el uso del freno para bajar, y el aumento de vapor y posiblemente el uso de arena, para subir.

El estudio de gradientes se basa sobre las leyes de gravedad. Hemos notado que la resistencia a tracción sobre pendientes tiene la misma proporción al peso total como la distancia vertical a la horizontal. El efecto de gravidad ha sido indicado por la fórmula siguiente, en cuanto se refiere a cuerpos cayentes, y cuando h representa la altura que tiene que caer un cuerpo para adquirir una velocidad de v metros por segundo; V indica kilómetros por hora y g la acceleración debida a gravedad, o sea nueve y ocho décimos metros por segundo:—

$$h=\frac{v^2}{2g}=\frac{v^2}{19.6}=\frac{\left(\frac{1000V}{3600}\right)^2}{19.6}=0.003937V^2.$$

Con esta fórmula sería fácil preparar una tabla mostrando el impulso que un tren adquiriría bajando un número dado de metros, si no fuera afectado por ningun otro factor, pero sí suponiendo que la máquina sigue ejerciendo la fuerza necesaria para vencer las resistencias debidas a fricción y viento, como hace en la via a nivel.

Sin embargo, hay otro factor, y es la energía rotativa de las ruedas. La capacidad de carros de acero es de tres a cuatro veces su peso, es decir, un carro de 10,000 kilos puede ser cargado con 30,000 kilos. Las ocho ruedas (de 33″) pesarán dos mil kilógramos por carro, por lo menos, y son para servicio general. Es necesario que sea casi a nivel la vía para permitir el uso económico de radio mayor, aparte de su costo adicional, pero resulta una economía a veces, en las cordilleras, o con pendientes

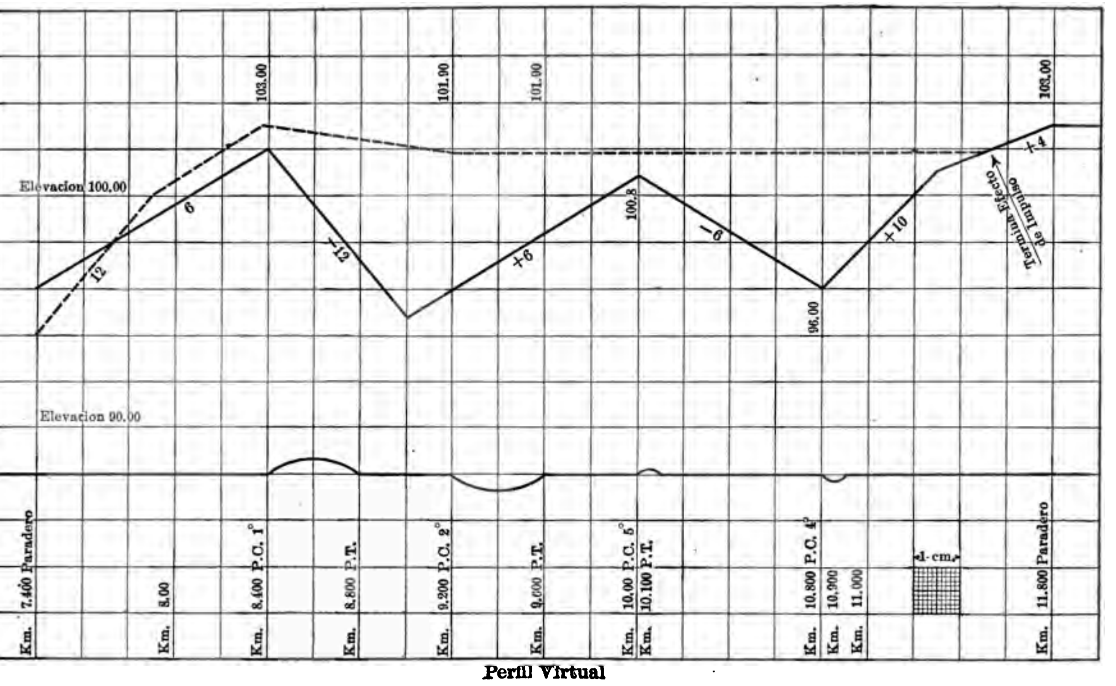
pronunciados, o en líneas nuevas de poco tráfico usar ruedas menores para disminuir el peso a costo de aumento de resistencia rodante.

El radio de giración de las ruedas es siete décimos del radio y la energía rotativa es aproximadamente 50% de la directa. El peso de las ruedas es mas o menos veinte por ciento de los carros vacíos y cinco por ciento de los carros cargados. Podemos aumentar el peso seis por ciento, para incluír este factor. Entonces la fórmula resulta $h = impulso = 0.00417V^2$, que se puede usar con una table de números cuadrados.

El resultado práctico de la fórmula es igual si se escribe $h = \frac{V^2}{240}$. La experiencia ha probado que no es fácil mantener el control sobre un tren que marcha a velocidades muy bajas porque cualquiera casualidad puede pararlo. Ademas, si un tren llega casi hasta una cumbre y encuentra dificultades que lo hace retroceder al último paradero recien pasado, es costoso en tiempo y en dinero. Luego uno debe tener un poco de altura, o impulso, digamos un metro, siempre disponible. Es decir, el perfil vertical siempre debe ser un metro mas alto que el riel. Esta diferencia de altura corresponde a la velocidad de quince y medio kilometros por hora que es mas o menos la mínima para el fácil manejo de trenes. En la construcción de la tabla de alturas de impulso potencial no es necesario incluir las velocidades menores.

La velocidad máxima no es la misma para toda clase de trenes. Cuando la via y equipo están en perfecto estado es posible alcanzar velocidades enormes con trenes de pasageros, pero los de carga casi nunca pasan cuarenta y cinco kilómetros por hora. El perfil virtual tiene que ser construido para cada clase de trenes, pero aqui se trata mas bien de las condiciones que se encuentran en territorio relativamente nuevo donde la carga es lo mas importante. La altura que corresponde a cuarenta y cinco kilometros por hora, es 8.44 metros, y a quince kilometros 0.94 metros. Luego si un tren pasa una cumbre con una velocidad de quince kilometros por hora, y la máquina siempre trabaja con la misma fuerza que es justamente suficiente para mantener esta velocidad sobre una via nivel, entonces puede pasar un bajo de 7.5 metros, alcanzar una velocidad de cuarenta y cinco kilometros en la parte mas baja y por impulso subir la misma altura al otro lado sin que la máquina ejerza mayor

esfuerzo. Es decir, que en cuanto se refiere a movimiento de carga, parece que es como no existiera el bajo (véase seccion curvas verticales), pero la reducción de un terraplen siete y medio metros de altura si es una economía bastante grande. Notando, pues, que para la mayor economía de construcción los trenes deban alcanzar su mayor velocidad en los bajos, puede decirse que pasos a nivel, paraderos, curvas forzadas, vias en mal estado, ni curvas verticales cortas no deben encontrarse en esos lugares, si son evitables. Como un ejemplo puede tomarse el perfil que aparece en las página siguente. El tren se encuentra estacionado en kilometro siete, y aparte de la fuerza contínua necesaria para moverlo sobre una via nivel, es necesario vencer la inercia, y despues acelerar el tren hasta la velocidad deseada, digamos, quince kilometros por hora, en un tramo dado de via. Si hay espacio disponible se puede considerar esta distancia como un kilometro, pero si no se puede disponer de éste se toma menos. De cualquier modo la altura correspondiendo a quince kilometros es muy aproximadamente un metro, y a la distancia determinada entre centros de largo del tren se levanta el perfil virtual un metro sobre el riel. La experiencia ha indicado que la resistencia a tracción debida a fricción en las chumaceras cuando el tren recien empieza a moverse, es aproximadamente doble de la resistencia correspondíente cuando el tren anda a velocidades de quince kilometros por hora. Para facilitar algunos cálculos anteriores ha sido tomado tres kilogramos como la resistencia para carros cargados, pero si fuera mayor, uno debe usar la verdadera y no los tres kilogramos supuestos. Luego hay gradiente virtual igual, en efecto, a tres por mil mas uno por mil para acceleración. Si es que la via fuera solida no habrían mas resistancias importantes, pero los rieles se hunden un poco, las acopladuras se asientan en posiciones irregulares, hay un poco de velocidad del aire que vencer, y los carros oscilan de un lado a otro, antes de entrar al *paso* perfecto. Todas éstas aumentan la gradiente virtual. Sin embargo algo se vence por empezar a andar con la locomotora antes de moverse los carros traseros debido a la elasticidad de las copladuras. La suma total sería muy aproximadamente cinco por mil si la velocidad de quince kilometros se adquiere en un kilometro, o seis por mil, se el espacio disponible es quinientos metros. Luego la colocación de un paradero en la línea es equivalente a la intro-



Perfil Virtual

No. 26.

ducción de una contrapiendente de seis por mil en este caso, en la salida de la estación, y si el paradero se encuentra en gradiente máxima, sería necesario reducir seis por mil la máxima en el terreno.

Refiriéndose al croquis (No. 26) antes mencionado se nota que la máquina tiene que trabajar como si fuera el gradiente doce por mil en los primeros quinientos metros y seis por mil en el tramo siguiente, hasta kilometro 8.400, para mantener la velocidad de quince kilometros por hora. La altura del perfil virtual en este punto es 103.00 metros, correspondiendo a velocidad de 15.5 kilometros. En kilometro nueve la elevación de la via es 94.8 metros, una diferencia de 8.2 metros, altura de impulso, que corresponde a la velocidad de 44.3 kilometros por hora. La altura de kilometro 9.200 P. C. 2°, es 96.0 y del perfil virtual era 103.0, la diferencia de siete metros correspondiendo a la velocidad de cuarenta y un kilometros. Hemos notado que es un poco excesivo éste para trenes de carga, y la curva tendrá que ser cuidada mucho, o la velocidad disminuída. Si el tren corre a velocidad de cuarenta y cinco kilometros en tangente, se puede aceptar cuarenta y uno aqui, pero hemos tomado cuarenta como base. Luego es necesario cortar el vapor con anticipación, o usar el freno para reducir la velocidad a 37.6 kilometros, correspondiendo a una altura de impulso de 5.9 metros. 96.00 + 5.90 = 101.90 = elevacíon del perfil virtual, que ha bajada a razon de uno y cuatro decimos por mil. Esto indica mala construcción pues el corte anterior, ó el terraplen en kilometro nueve, debia de haber sido aumentado uno y dos décimos metros, ó cada uno sesenta centímetros, siempre que la curva no permita la velocidad de cuarenta y un kilometros. Mientras tanto la máquina sigue trabajando como si anduviera en via nivel y pasa el kilometro diez a la altura de 100.8 metros. El gradiente virtual tambien sigue a nivel, y en kilómetro diez la diferencia de alturas es once decímetros, correspondiendo a la velocidad de 16.25 kilometros por hora. En kilometro 10.8 la diferencia de elevación es 5.9, correspondiendo a velocidad de 37.6 kilometros, que es un poco grande para curvas de cuatro grados, pero aceptado por el momento.

El gradiente virtual sigue a nivel, asi como el trabajo correspondiente de la máquina. Al llegar a kilometro 11.7 el efecto de impulso termina, y a pesar de que el paradero dista unos trescientos metros no mas, es necesario aumentar la fueraz para

llegar allí. Este aumento de fuerza para todos los trenes de la clase considerada se debe, ó a la curva en kilometros 9.4, ó a economía de corte, ó terraplen, de doce decímetros. El perfil virtual debe ser hecho sobre el perfil del mejor trazo que la zona puede producir, para saber el efecto futuro cuando la línea tiene todas las mejoras. Entonces cortes y terraplenes pueden reducirse, para la construcción actual, hasta el punto permitido por la explotación económica. La introducción futura de un paradero puede cambiar por completo las condiciones en un tramo dado, y si será obligatorio algun dia, es bueno tomarlo en cuenta cuando se hace el primer trazo definitivo.

El perfil virtual fué considerado junto con la clasificación de gradiente porque ayuda a distinguir entre ellas. Si la velocidad llega a un punto peligroso sobre una gradiente dada, es evidente que será necesario acortar el vapor, ó aun usar el freno.

Otro detalle que afecta en menor escala la explotación sobre gradientes, es la curva vertical que se trata en la sección correspondiente. Este, con los pequeños gastos que originan las variaciones de velocidad, radiación de calor y el uso indebido de freno o carbon por ligeras equivocaciones del maquinista, forma la suma aparente del costo adicional de las gradientes de la clase (A).

Para determinar el costo ó valor negativo de *gradientes menores* es necesario calcular el gasto adicional para levantar el tren sobre alturas pequeñas, ó sobre pendientes que aumentan la fuerza requerida sin afectar el peso total que la máquina puede mover sobre la división del ferrocarril. Es costumbre en muchas partes basar el cálculo de valor negativo de gradientes sobre el costo medio de mover un tren un kilómetro. Se sigue esta costumbre generalmente por falta de otros datos, aunque se le ocurriese a cualquiera que la base debe ser el costo de levantar un peso dado a una altura dada. Sin embargo, no puede abandonarse por completo la costumbre antigua, y en la página siguiente aparece la tabla "*gastos por tren kilometro*" correspondiendo al año 1913. Esta representa el promedio de todos los ferrocarriles de los Estados Unidos, así como datos aparte, de la Red Central de Chile, explotado por el Gobierno Nacional. Los gastos en Chile no fueron divididos en la misma forma como en los Estados Unidos, sino combinados unos con otros. Las letras (*a*), (*b*), (*c*), (*d*) y (*e*) indican que separaron estas cuentas en los Estados Unidos y que se las tomaron en conjunto en Chile.

GASTOS POR TREN KILOMETRO

Cuenta 1913. Clase de gradiente.	Estados Unidos.	Chile.	Afectados por gradientes.		Gastos extas por cinco metros, subida y bajada.			
			B%.	C%.	B(EU)%	C(EU)%	B(C)%	C(C)%
General y Trafico	6.5	5.2	000	000	000	000	000	000
Conservacion, Rieles	1.0	0.8(*a*)	5	10	.050	0.100	0.040	0.080
Conservacion, Vias aparte de rieles	12.5	10.2(*a*)	0	5	000	.625	000	.510
Conservacion, Edificios	5.7	4.7(*a*)	00	00	.00	00	00	00
Conservacion, Locomotoras	8.9	7.0(*b*)	1	4	.089	.356	.070	.280
Conservacion, Carros	10.6	8.4(*b*)	1	4	.106	.424	.084	.336
Depreciacion, Equipo	2.8	2.2(*b*)	0	0	0	0	0	0
Otros Gastos, Equipo	1.4	1.1(*b*)	0	0				
Transportacion								
Superintendencia	1.209	2.20						
Tren Empleados, Patio	2.900	1.50(*c*)						
Maquina Empleados, Patio	1.684	1.30(*d*)						
Casa de Maquinas	.490	.40(*d*)						
Locomotoras Patio, Carbon	1.604	3.90(*e*)						
Locomotoras Patio, Agua	.105	.13(*e*)1						
Locomotoras Patio, Aceites	.031	.08(*e*)						
Locomotoras Patio, Varios	.036	.09(*e*)						
Tren Empleados, Linea	6.510	3.30(*c*)						
Tren Menesteres, Linea	1.831	4.50(*e*)						
Locomotoras Empleados, Linea	6.139	4.90(*d*)	0	0	0	0	0	0
Locomotoras Carbon, Linea	9.852	24.10(*e*)	33	100	3.284	9.852	8.030	24.100
Locomotoras Agua Linea	.626	.60(*e*)2	20	50	.125	.313	.120	.300
Locomotoras Aceites Linea	.180	.40(*e*)	20	50	.036	.090	.080	.200
Locomotoras Menesteres Linea	.203	.50(*e*)	20	50	.041	.101	.100	.250
Otros gastos de Transportacion	17.200	12.50	00	00	000	000	000	000
Total, Cinco Metros	100.000	100.00	......	......	3.731	11.861	8.524	26.056
Gastos aparte de Carbon	......	....	......	......	.447	2.009	.494	1.956

Para compararlas en general el autor se tomó la libertad de reducirlas proporcionalmente, despues de combinarlas en una forma conveniente. General y Tráfico incluye los gastos que formaron esas clasificaciónes, mas 0.1% que no está incluído en ninguna otra parte (6.5%).

Vias, aparte de rieles, incluye lastre, durmientes y otros materiales, jornales y herramientas para trabajos de vias, mas la mitad del cargo de superintendencia, maestro de obras e ingenieros. (12.5%.)

Conservacion de locomotoras incluye reparaciones y renovaciones, y la cuarta parte de superintendencia (valor exacta 8.67 en vez de 8.9%). Conservacion de carros incluye la cuarta parte de superintendencia (valor exacta 10.25 en vez de 10.6%).

Otros Gastos incluyen los de equipo flotante, accidentes, arriendo, papelería, etc.

Tren Empleados, Patio; incluye conductores y palanqueros de patio. Los maquinistas y fogoneros aparecen juntos.

Menesteres para tren de línea incluye aceite, estopa, que es muy costoso en Chile, escobas, mangueras, etc. El costo de agua en Chile (*e*)1, (*e*)2, fué tomado arbitrariamente porque es barato en la sección considerada, pero los demas materiales son importados. El carbon lleva el precio del importado aun si es del país. Otros gastos de transportación incluyen empleados de estaciones, pérdidas en carga, accidentes, telégrafo y otros.

Se notará que la tabla incluye ciertos gastos aparte del consumo de materiales. Ha sido aceptado generalmente que estos gastos son afectados en la proporción aproximada que fué propuesta por Wellington y que la tabla indica. Wellington proponía las proporciones indicadas despues de haber hecho un estudio de los gastos en ciertas líneas, reduciendo los detalles para corresponder a una gradiente de cinco por mil, pues en aquella época los ingenieros aceptaron ésta como la gradiente igual en resistencia al movimiento ordinario sobre vias niveles. El aumento de estos gastos es debido al trabajo adicional de la máquina, de tracción mayor en el equipo, la vibración adicional, y el empuje mayor contra la vía. Aunque hay diferencias enormes entre los pesos de trenes, no fué tomado en cuenta porque la locomotora hace mucho mas daño a la vía que el que hace el tren. Las reparaciones a máquinas son especialmente debidas a ruedas y acopladuras. Los gastos para carros son

principalmente en las conecciones y el marco que los sostiene. Hoy en dia, con el equipo moderno, es muy probable que haya un cuatro por ciento de exceso en la tabla.

Los únicos gastos que varían directamente con la altura a que se levanta el tren son los para materiales. Se puede tomar cualquiera altura para esa sección, apesar de la relación entre gradientes, y la resistencia sobre via nivel, pero si se toma la gradiente correspondiente a la resistencía verdadera (aqui se ha usado generalmente el tres por mil), entonces es necesario multiplicar los valores referentes a vias y a equipo, por el factor correspondiente. Para gradiente de tres por mil se tomaría 60%.

Tambien hay que tomar en cuenta que en esta tabla los porcentages no se refieren a vias niveles, sino al promedio de gradientes en todo el país, o sistema de vías. Cuando un tren sube a una altura por mayor gasto de carbon, adquiere una velocidad potencial, y puede bajar con ahorro de combustible. Sin embargo, hay radiación, y no se puede dejar morir el fuego. Ha sido aceptado generalmente que el consumo de combustible para subir sobre la gradiente igual al ángulo de reposo para un kilómetro, y despues bajar un kilómetro, indicaría el consumo adicional de la tercera parte de combustible requerido para andar dos kilómetros sobre vía nivel. El consumo de otras materias es considerado como indicado, para las dos clases de gradientes.

Es de notarse que los datos para los Estados Unidos son para tren millas, y el costo es $1.47 por milla, o sea $0.91 por kilómetro, mientras que los gastos para Chile fueron reducidos a tren kilómetros, y segun el cambio del año considerado, era igual a $1.00 por tren kilómetro. (Se refiere a oro americano.) Sin embargo, es el porcentage de los varios gastos que nos interesan, porque sería igual si se tomaran millas, kilómetros, ó cualquiera otra unidad como base. En todos los paises las empresas ferrocarrileras calculan el costo por tren sobre una distancia dada y usando esa unidad del pais se pueden aplicar los porcentages del pais.

Si en cierto lugar cuesta un dólar por tren kilómetro, pueden usarse los porcentages como "cents," pero si el costo por kilómetro es X, por ciento mayor, ó menor, que un dólar, se hace la multiplicación correspondiente. El término general hoy dia para todas las Américas es un dólar por tren kilómetro, pero hay mucha variación en distintas partes.

El autor no está conforme con este sistema de calcular el costo de subida y bajada. El consumo de carbon es lo que influye mas que cualquiera otra cosa en el costo de levantar trenes, y en fin, el costo por tren kilómetro nos dice muy poco. El punto importante es el gasto necesario para levantar un peso dado a una altura dada, y sabemos que las condiciones (*A*), (*B*). y (*C*), pueden existir siempre.

Refiriéndose a la tabla correspondiente en la sección de locomotoras sabemos que con cierta presión en la caldera se consume cierta cantidad de carbon por cada cheval-vapeur-hora. Cualquiera que sea la gradiente el tren entero tiene que ser levantado a la altura considerada, y $\frac{\text{kg. metros por segundo}}{75}$ = cheval vapeur. (H. P.)

En una hora hay 3,600 segundos y en una tonelada hay 1,000 kilógramos. Con una presión de 12.69 kg.cm² (180#) en la caldera, el consumo de un C.v. por hora es 1.69 kg. de carbon y 11.96 kg. de agua. El consumo por segundo es $\frac{1.69}{3600}$, y $\frac{11.96}{3600}$, respectivamente. Para levantar mil kilógramos a un metro en un segundo se consumiría $\frac{1000 \times 1 \times 1.69}{75 \times 3600}$ kg. de carbon, o sea .00626 kg. Si el trabajo se hace en (*a*) segundos, entonces la velocidad es de $\frac{1}{a}$ metros por segundo, que produce, en relación a la fórmula dada, $\frac{1}{a}$ cheval vapeur, y se multiplica $\frac{1.69}{3600}$ por (*a*) para determinar el consumo de carbon. El resultado es que el carbon consumido, sin mas resistencia que el peso de la carga es, en este caso, $\frac{(a)\ .00626}{(a)}$, o sea, siempre la misma cantidad. Como la fricción y demas resistencias de via-nivel no son incluídas, tratándose aqui solamente de aumentos a resistencia o gradientes menores, se puede usar este factor cuando la presión es como la dada, y la maquinaria está en buen estado.

No es posible dar datos generales que indican el peso de un tren, pero en un caso dado se puede aproximarlo. El peso muerto varía mucho. En el Uruguay había un proyecto donde el peso casi seguro de la carga por año, entre dos estaciones era setenta toneladas en cada dirección, por dia, mas un carro para

pasajeros. Variaba un poco la estación de los productos pero el tonelaje no debía variar mucho. Sin embargo, la variación hacía imposible siempre llenar los carros. Los ferrocarriles existentes en el Uruguay vendían cerca de sesenta por ciento de su espacio para carga.

	Toneladas
El peso neto de la carga	70
Espacio para carga	100
Peso muerto 40% del espacio	40
Un carro para pasajeros	20
Máquina y tender	30
	160

Para levantar este tren un metro el consumo de carbon sería 1.0016 kilógramos, y de agua 7.09 kilógramos, mas la pérdida por radiación en la bajada correspondiente. En aquella época el carbon costaba un centavo por kilógramo, pero un hombre solo atendía al agua necesaria, y una diferencia de 100% en el consumo de agua no habría costado nada adicional, pues el agua llegaba a los tanques por gravedad, lo que es una economía importante.

En los Estados Unidos, y partes de Sud America, las empresas ferrocarrileras aveces contratan con una empresa ajena para abastecerles lubricantes para el servicio. El señor Wellington calculó los porcentages afectados por gradientes, que son indicados en la tabla, sobre la base de cinco por mil, considerando ésta igual en resistencia a la tracción sobre via nivel. Aqui hemos usado tres por mil como la gradiente correspondiente. Resulta que él pudo dividir su producto total por cinco para obtener el valor negativo de un metro de subida y bajada, mientras que en este estudio es necesario dividir la suma por tres. Es cierto que la disminución de la resistencia a tracción en via-nivel aumenta la suma que se puede invertir para eliminar subida y bajada, porque con menor resistencia es necesario cortar el vapor, asi como aplicar el freno mas pronto, asi aumentando la tendencia de cambiar la clase de la gradiente menor de (*A*) a (*B*), y de (*B*) a (*C*). Sin embargo, el perfil virtual dirá en todo caso la clasificación a la cual pertenece cada gradiente, y si el tráfico es igual, y el aumento de cinco por mil en la gradiente aumenta el gasto x por ciento, el aumento de

tres por mil sería solamente 0.6%. Cuando se habla de tráfico en este sentido, se refiere al número de locomotoras que pasan sobre la línea, y gradientes menores no afectan a la capacidad de la máquina. No debe usarse el factor de 60% siempre, porque puede ser que el agua no costara nada, o que algunos artículos serán muy caros. Cada proyecto tiene que ser considerado separadamente en algunos detalles.

Las reparaciones de locomotoras y carros debido a gradientes es por el desgaste de ruedas y acopladuras. Luego puede usarse el mismo 60% en este, si es que sirve como factor para las vias. Como no están a mano los precios medios para aceites y menesteres, y no servirían aqui de ningun modo mas que de ejemplo, será tomada tambien la misma proporción. Entonces el resultado para el ejemplo considerado y basado sobre el costo de tren kilómetro en Chile y los Estados Unidos, con la excepción del carbon y agua, sería el siguiente:

Tres Metros de Subida y Bajadá sobre Gradiente de Tres por Mil, y un costo medio de un dolar por tren kilómetro, el peso del tren consistiendo de 160 toneladas:

Porcentages de	U. S. *B*	U. S. *C*	Chile *B*	Chile *C*
Carbon	1.006	3.018	1.006	3.018
Agua	.000	.000	.000	.000
60% otros	.193	1.018	.224	.982
	1.199	4.036	1.230	4.000
Un metro subida y bajada	.4	1.344	0.41	1.333
Un tren diario en cadà direccion	$2.92	$9.81	$2.99	$9.73

Si el dinero había costado a la empresa seis por ciento, el valor negativo, capitalizado, de un metro de subida y bajada por cada tren en dos direcciones por dia, y con el peso asignado, habría sido aproximadamente cincuente dólares ($50), en la Clase *B*, y ciento sesenta y tres ($163), en la Clase *C*. Si no se usa el porcentage correspondiente (60% en este caso), querria decir que las gradientes suaves son mas costosas que las bruscas, lo que sería absurdo. Los valores capitalizados indicados representan los límites de gastos para eliminar un metro de subida

y bajada. Subida solo no puede ser capitalizado si un punto de la línea es mas alto que el otro porque la elevacion tendrá que ser vencida por cualquiera línea.

Gradientes Gobernantes

Esta clase de gradientes tienen que ser consideradas enteramente aparte de subida y bajada porque afectan, o al tipo de la locomotora, o al número de trenes.

Tambien hay que considerarlas aparte de las subidas, o gradientes, de impulso, y las que son tan pronunciadas que sería necesario una máquina auxiliar. Si la empresa es pequeña, o el tráfico irregular, un aumento en gradientes indicaría la necesidad de mas locomotoras, y mas trenes porque ayuda a asegurar la disponibilidad de máquinas, y tambien porque una máquina grande no sirve mucho si los trenes no son pesados y regulares. Cuando hay grandes cantidades de carbon, o minerales, por ejemplo, para ser movidas, y siempre listas para cargarse, y trenes pesados para la dirección opuesta, entonces las máquinas grandes sirven mejor. Si el tráfico es tan poco qué dos máquinas pueden hacer todo el trabajo, tambien deben asegurarse de tener tipos que cumplirán en todo caso. Si el número de trenes es pequeño, es importante tomar en cuenta que el cambio de gradientes máximas puede ser grande con el aumento en el número de trenes por uno. El efecto de aumentar el número por uno disminuye con el mismo número de trenes. Es decir, un cambio pequeño en gradientes puede ser de importancia si el tráfico es grande, y sin importancia si la condición es lo contrario.

Aproximadamente, si el trafico varía poco, puede decirse que el número de trenes varía con la gradiente. No es exacta la regla, pero sirve en términos generales. Si tres trenes pueden mover todo sobre gradientes de $\frac{13}{1000}$, entonces dos pueden hacer el trabajo con gradientes de $\frac{8}{1000}$. Luego sería absurdo gastar mucho dinero para obtener una de $\frac{10}{1000}$ porque serían necesario los tres trenes lo mismo. Sin embargo, la gradiente menor puede ser de valor segun el estudio de gradientes menores, y tambien puede facilitar el aumento de velocidad. Es con-

tumbre, basada en la práctica, en los Estados Unidos, determinar el número de trenes extras que serían necesarios con un aumento dado de gradientes, y multiplicar este número extra de trenes por la distancia que viajarían para obtener los tren kilómetros extras, y multiplicar los tren kilómetros extras por un porcentage del costo medio de tren kilómetros. Este porcentage segun Isaacs y Adams, debe ser 30.6%. Segun Berry debe ser 43%, pero el autor recomienda en cada caso un estudio sobre los gastos afectados por un cambio en el número de tren kilómetros, y usar esa suma. El resultado debe ser el costo por año, el cual se divide por el interés sobre el capital, obteniendo asi el valor negativo de la gradiente. Este no tiene nada que ver con la subida y bajada que tiene que ser vencida de todos modos y calculada aparte. A veces, en vez de poner mas trenes, se pone una máquina auxiliar para ayudar a subir una cuesta, y despues volver a su sitio.

La distancia recorrida por la máquina auxiliar no es la gradiente del perfil sino la distancia entre su sitio abajo y el punto en que deja el tren arriba. Ha sido aceptado desde hace tiempo en los Estados Unidos que el costo de servicio auxiliar es 35% del costo por tren kilómetro, usando la suma de las distancias recorridas en ida y vuelta. La compra de la locomotora extra y la depreciación tienen que ser incluídos. (Vease la sección depreciación de equipo.)

Teniendo el costo por tren se calcula el capital invertible para eliminar el gasto. Tres máquinas juntas no pueden subir una gradiente tres veces mayor, porque el peso de la máquina influye. Puede determinarse el tren que una máquina moverá sobre una gradiente dada. Sabiendo la fuerza de tracción se duplica. El peso del tren es duplicado (descontando el carro para empleados), y agregado el peso de la máquina extra, y con este peso se calcula la gradiente vencible. Cuando la gradiente para una máquina es diez por mil, la de tres máquinas sería casi tres por mil, pero la variación es mas pronunciada en otras gradientes, y con otras máquinas, o sea las de tipo distinto. En algunos casos el uso de máquinas mas pesadas es preferible, especialmente cuando hay gradientes gobernantes en una parte considerable de la división. No obstante, ántes de elegir este método para resolver el problema, es conveniente acordarse que máquinas mas pesadas requieren aumento de resistencia en las mesas giratorias, vias, y puentes. Si hay tráfico para ocupar la

línea casi siempre con trenes pesados, la máquina mas grande tiene que venir, y con la máquina mas poderosa todos los problemas de gradientes, velocidades, etc., aparecen de nuevo.

Parece que la locomotora es la base del estudio de gradientes, y hasta cierto punto las gradientes forman la base de la selección de locomotoras.

Dado el tráfico, no es dificil determinar el número minimo de máquinas que la empresa necesita. Por el estudio preliminar puede determinarse, dentro de límites algo reducidos, las gradientes gobernantes que pueden fijarse con un gasto razonable. Entonces se puede determinar el tipo de locomotoras que moverá el tráfico sobre las gradientes límites y calcular el efecto de cambiar un poco los detalles de la máquina y las gradientes, siempre tomando en cuenta que el tráfico debe aumentarse con el tiempo y que las máquinas pueden cambiarse, pero las gradientes son aproximadamente permanentes. Antes de dejar la sección de gradientes es bueno pensar en la manera en que se comparan las distancias y las gradientes.

Largos Virtuales

Es costumbre calcular que el costo de mover un tren un kilómetro sobre via nivel, con resistencia de tres por mil, es igual al costo de levantar el tren tres metros. Cada uno puede aceptar esta costumbre si tiene confianza en ella, pero como costumbre es bien conocida.

Para comparar dos líneas, pues, se dice que

100 metros de 0.003 gradiente aumenta la resistencia como 100 metros de via nivel.

100 metros de 0.015 gradiente aumenta la resistencia como 500 metros de via nivel.

Para comparar dos líneas se hace el siguiente cálculo de cada una. Toda la línea con gradientes entre zero y 0.003 se agrega a la longitud total de la línea. Toda la línea con gradientes entre 0.003 y 0.006 se multiplica por dos, agregándola a la suma anterior. Se hace este cálculo por cada grupo de gradientes, las de 0.015 hasta 0.018, por ejemplo, siendo multiplicandas por seis. Hay que hacer el cálculo en cada dirección. Si el tráfico es todo en una dirección, son de poca importancia, dentro de límites grandes, las pendientes que se adoptan para el descenso de la carga, si no es obligatorio el freno y arena.

Curvas Verticales

Esta clase de curvas son introducidas para facilitar el cambio de dirección en cuanto se refiere a gradientes. El problema mas importante es la determinación del largo de la curva, o el cambio permisible en una distancia dada, porque mientras mas largo sea, mas alto será el terraplen o profundo el corte. Tambien miéntras mas corta sea, mas brusco será el cambio en dirección vertical del tren y mas rudo el golpe.

Cuando un tren está bajando, el carro delantero ha caido mas que el siguiente, y si no fueran conectados, andaría mas lejos en distancia, pero siempre la separación sería la misma en tiempo. Sin embargo, son conectados y resulta que hay tensión en las acopladuras. Tambien hay tensión cuando el tren está subiendo, pero mientras que baja, la velocidad es acelerada segun la fórmula $V^2=240h$. Esta fórmula puede expresarse en otra forma. Si m indica el largo de la via, en metros, que sea necesario para adquirir la velocidad V; i indica la gradiente en partes por mil; a indica aceleración, o retardación por segundo en kilómetros por hora; y t el tiempo en segundos necesarios para pasar m, a la velocidad de $\frac{V}{2}$; entonces $a=\left(\frac{100i}{3}\right)$, y esta aceleración, o retardación es contínua si la máquina solamente vence la resistencia del aire y fricción correspondiendo a una via-nivel. Ha sido notado que hay tensión en bajada y subida, y que la aceleración en bajada continúa hasta que el último carro ha llegado al punto mas bajo.

Como un cuerpo en movimiento continuará siempre en una línea recta y a la misma velocidad si no hay fuerza extraña que lo impida, puede decirse que; si la via sigue a nivel y recta desde el punto mas bajo de la pendiente, y si la máquina sigue ejerciendo fuerza suficiente para vencer la fricción de la máquina, el tren y el aire, la tensión continuará en todo el tren, y el tren continuaría a la velocidad máxima.

Luego no es necesario prestar ninguna atención a la pendiente por la cual ha bajado el tren cuando se considera la acción del tren sobre una gradiente, o la curva vertical, por medio de la cuál el tren entra a la gradiente. Puede decirse que el tren viene por una via-nivel y recta, acercándose a una curva vertical que lo conduciría a una gradiente, y para aprovechar el valor máximo de impulso no debe aplicarse mas fuerza ni sobre esta

curva vertical ni sobre la gradiente. Como hay subida, es claro que habrá resistencia, y como esta resistencia no se vence por mayor esfuerzo, hay pérdida de velocidad.

Lo que busca cada ingeniero es que haya tensión siempre en el tren, y que no haya compresión. No es peligrosa la compresión por sí, pero el cambio de compresión a tensión es malo porque daña al equipo, a veces zafando las copladuras, y puede dañar a cierta clase de carga, y a pasajeros.

Cuando la velocidad del carro delantero empieza a disminuirse la misma tensión no puede aplicarse al carro segundo porque todo el tren tiende a seguir a la misma velocidad. Cuando la tensión no se aplica al carro segundo, ese carro tiende a hacer una de dos cosas; o chocar con el primero debido al momentum que ha adquirido, o alejarse del primero porque el segundo no tiene fuerza en si para vencer la fricción en sus partes ni la proporción de resistencia de velocidad que lo corresponde segun las condiciones. El carro segundo encuentra poca resistencia frontal debido a velocidad, porque la máquina y primer carro la recibe. Puede decirse que el segundo encuentra solamente la resistencia debido a fricción entre sus partes y la de revolución de la ruedas. La máquina ejerce cierto esfuerzo para vencer las resistencias mencionadas, y si la parte trasera del tren no necesita todo este esfuerzo momentaneamente, la máquina tiende a acelerarse. Este tendencia continúa hasta que una parte considerable del tren está sobre la curva, y entonces la tensión se reduce en un carro tras otro hasta que la mayor parte, o todo el tren está sobre la gradiente. Mientras tanto los carros delanteros están en menos peligro de compresión que los traseros. El primer carro no debe chocar con la máquina nunca, porque si no hay tensión entre ellos la máquina se acelera. Como la fuerza es igual siempre, la retardación es solamente por gravedad, o sea gradiente.

Considerando el primer carro, cuando el tren llega a un punto donde no es posible transmitir tensión al carro siguiente, los dos chocarán si el carro segundo no puede retardarse hasta la misma velocidad del carro delantero. El carro segundo se retardará si está sobre cualquiera gradiente, pero es necesario que se retarde tanto como el delantero para que no haya compresión.

El primero pierde velocidad debido a gradiente solamente, porque está bajo tensión. El segundo pierde velocidad debido a gradiente y fricción, porque está bajo tensión zero. Para que

sea igual la retardación el carro delantero no puede estar sobre una gradiente mayor que la gradiente bajo el carro segundo mas el ángulo de reposo del segundo carro, siempre que haya tensión zero entre los dos. Esta es la condición ideal, pero si el carro delantero, por cualquiera casualidad, desarrolla una fricción mayor, tiende a retardarse y hay compresión. Luego el ángulo de reposo es el máximo cambio de gradiente en la longitud del tipo de carros mas largos. Si la diferencia de gradientes es menor que el ángulo de reposo y existe tensión zero, entónces la pérdida del carro delantero por gradiente es menor que la del segundo por fricción y la tensión aumenta debido al atraso del carro trasero.

Facil es que hayan carros en el tren con menor fricción que los otros. Esto tiende a reducir el ángulo de reposo y alargar curvas verticales. Algunos carros son mas largos que otros y miéntras mas largo el carro mas larga es la curva. Las curvas deben ser construídas para el servicio de pasajeros, o por lo menos, para los carros mas largos de carga.

Los carros, algo raro en los paises nuevos, de veinticinco metros, arrojan una resistencia de mas o menos dos y medio por mil. Los carros para carga de sesenta toneladas son de quince metros y la resistencia es cerca de uno y siete décimos (1.7) por mil. La práctica mas moderna de las mejores líneas y equipo indica que se puede esperar una resistencia de uno por mil por diez metros, pero es mas con equipo corto. Sin embargo este cambio no solamente es bastante para el mejor equipo sino que tambien facilita la eliminación de pequeños golpes y es recomendado para las líneas buenas como máxima bajo condiciones generales.

Para líneas baratas de poco tráfico y servicio lento puede aumentarse la tercera parte, o sea 2.70 por mil por diez metros.

Estos datos son para puntos bajos. En cumbres los dos pueden aumentarse cincuenta por ciento si es necesario, por que hay tensión siempre. Nunca debe ser demasiado brusco el cambio, si es posible mejorarlo.

Las razantes deben ser colocadas de tal modo que conecten, una con otra, en una estación completa del estudio. Así se evitan muchos cálculos inútiles. Para determinar el largo de una curva la suma algebraica de los gradientes es dividida por dos por mil en bajos, y veintisiete por diez mil en cumbres. Puede resultar un número none, o una fracción. Se toma el

número par igual, o mas grande que el primer resultado y se divide el ángulo, o sea la suma algebraica de las gradientes, por este número par de estaciones de veinte metros. El resultado es el cambio en gradiente por cada estación de veinte metros, como sigue:

Dado el ángulo en un bajo formado por trece por mil bajando, y ciento treinta y seis por diez mil subiendo.

$$13+13.6=26.6, \text{ y } \frac{26.6}{2}=13.3.$$

$-\frac{13}{1000}$ $+\frac{13.6}{1000}$

El número par mas grande $=14-n=$ numero de estaciones de veinte metros en la curva. Esta curva tendría doscientos ochenta metros de largo o ciento cuarenta metros cada lado de la intersección. Si la estación de la intersección tiene, por ejemplo, el número setenta, la curva empezaría en la estación cinquenta y seis, porque las estaciones tienen solamente los números pares.

$\frac{26.6}{14}=1.9=r=$ cambio en gradiente por estación. El primer cambio y el último siempre es $\frac{r}{2}$ en este sistema de curvas. La pendiente en bajada es trece por mil, y lo demas es como sigue:

Entre Estacion.	Pendiente o gradiente.
54 y 56 P.C.	−13.00 por mil
P.C. 56 58	−12.05
58 60	−10.15
60 62	− 8.25
62 64	− 6.35
64 66	− 4.45
66 68	− 2.55
68 70	− 0.65
70 72	+ 1.25
72 74	+ 3.15
74 76	+ 5.05
76 78	+ 6.95
78 80	+ 8.85
80 82	+10.75
82 84 P.T.	+12.65
P.T. 84 86	+13.60 por mil

Si puede ser mas suave sin aumento de costo es bueno hacerlo así.

El Costo de Curvas Verticales, o Bajos de Siete Metros y Medio no es determinable, pero existe en el sentido que la via en los bajos tiene que ser mantenida para una velocidad de cuarenta y cinco kilómetros por hora en vez de treinta, el promedio entre quince en las cumbres y cuarenta y cinco en los bajos. A veces, cuando no es posible evitar compresión entre los carros debido a irregularidades, es costumbre, aunque no permitido, echar freno de mano en los carros traseros para deternerlos, y ésto cuesta algo. Aunque la máquina siempre trabaja lo mismo, en cuanto se refiere al vencimiento de resistencia, es cierto que hay mas resistencia en los bajos debido a mayor velocidad y tambien el consumo de vapor es un poco mayor porque no es tan eficiente a altas velocidades como a otras menores. Si el costo de dos líneas es el mismo, y una tiene bajos pero la otra no, sería preferible la otra. Si el bajo forma una parte de una subida general puede caer en otra clase de gradientes, con un cambio en el tipo de locomotoras que mantienen mayor velocidad sobre las cumbres. En general, no es bueno introducir bajos si no se puede colocar el tren sobre una gradiente contínua entre la curva vertical de la cumbre y del bajo. El cambio contínuo de velocidades aumenta la radiación, pero no es posible decir hasta cuanto. Luego parece mejor decir que los bajos lijeros cuestan algo, pero no es posible precisar el costo si no caen entre las clases mas importantes de gradientes.

Hasta aquí se ha tratado principalmente de curvas en bajos. Cuando un tren pasa una cumbre no hay cambio de tensión a compresión y no hay necesidad de curvas para evitar el efecto de tal cambio. Sin embargo ningun corte debe ser a nivel porque el agua no corre de las zanjas. Tambien el cambio de subida a bajada puede ser tan brusco a pesar de la menor velocidad, que se zafa la acopladura.

Construcción y Depreciación

En la solución de varios problemas ferrocarrileros, es necesario saber, en términos generales, el costo de construcción de ferrocarriles. Es importante saber, por lo menos, los porcentages que son aplicables a cada cuenta, aun que no sean exactos, para facilitar la preparación de presupuestos en general.

En tres estados del norte central de los Estados Unidos, bos-

cosos, terreno ondulante hasta accidentado, con un sistema de drenaje bastante complicado, los porcentages fueron como indica la tabla siguiente. Datos parecidos son disponible en varios otros paises.

Costo de Ferrocarriles

		Sección Lagunera, E. E. U. U. 1900—1907,	Uruguay (interpolado), 1912.
1.	Terreno, patio, terminales	13.2%	8.3%
2.	Graduación, roce, protección	13.7	20.0
3.	Túneles	0.3	0.0
4.	Durmientes	4.9	6.7
5.	Lastre	2.2	5.7
6.	Rieles y conecciones	13.2	9.3
7.	Cambios y cruceros	0.5	0.2
8.	Tendér y arreglar via	2.0	1.5
9.	Puentes y aperturas	5.4	9.9
10.	Herramientas, vias y puentes	0.1	0.2
11.	Cercas, pasos, fosos ganaderos	1.1	1.2
12.	Corrales	0.1	0.2
13.	Tanques para agua	0.4	0.2
14.	Carboneras	0.2	0.1
15.	Estaciones	1.7	1.5
16.	Otros edificios	0.9	0.7
17.	Maestranzas y casa máquinas	1.7	4.3
18.	Maestranza maquinaria	0.5	0.4
19.	Muelles	1.7	0.0
20.	Sistema protector tráfico	0.2	0.0
21.	Telégrafos	0.2	0.3
22.	Graneros	0.4	0.8
23.	Solidificación terraplen	2.8	2.0
24.	Ingeniería y abogado	3.0	3.0
25.	Locomotoras	4.3	2.3
26.	Equipo para pasageros	1.7	0.9
27.	Equipo para carga	11.3	5.7
28.	Equipo general	0.3	0.2
29.	Carga material	0.7	1.0
30.	Gastos organización	1.1	5.0
31.	Imprevistos	4.9	3.1
32.	Gastos bodega general	1.1	1.0
33.	Interes durante construcción	4.2	4.3
	Costo por kilómetro, $23,000.	100.0%.	Por km. $30,000, 100.0%

En el estado de Washington una línea de mas de 800 kilómetros en la cordillera, costando $27,500 por kilómetro, gastó 26% para graduación, 13% en túneles, y 10% en puentes y alcantarillas. De todos modos es notable la pequeña parte de los gastos totales que es afectada por graduación sin túneles y obras de arte. Parece que bajo condiciones generales se puede aumentar el costo de graduación de tres hasta seis veces antes de duplicar el costo de la línea, y en terrenos como se encuentran entre los Andes y el océano Atlántico, es probable un aumento de ciento por ciento en graduación y obras de arte, sin aumentar el costo total mas que veinticinco, debido a la carestía de materiales y jornales relativamente bajos. Sin embargo el ingeniero puede hacer mas en la reducción de gastos en graduación y en obras de arte que en cualquiera otra división del trabajo porque es la mas importante de todas, en porcentage. Una verdad muy importante que nos enseña es que ingenería sola, o por lo menos el trazo, no debe costar mucho mas que uno por ciento del costo de la línea. Graduación y obras de arte, cuestan, digamos, veinticinco por ciento. Luego si el ingeniero puede hacer un segundo estudio o revisión que resulta en un ahorro de cuatro por ciento del presupuesto para graduación y obras de arte, la empresa no habrá perdido nada por los gastos de revisión. Un ahorro de 500 hasta 1500 metros cúbicos por kilómetro de roca o tierra cubre los gastos de estudio facilmente, lo que nos indica la importancia de estudios cuidadosos aun que cuestan un poco mas de tiempo.

Trocha

Hemos notado que graduacion y obras de arte, cuestan cuando mucho, veinte cinco por ciento de la linea completa. Si uno aumenta la trocha entonces aumenta la graduacion, durmientes (largo), y la mamposteria en pequeña escala, pero no a la misma razon que aumenta la trocha. Aumentando la trocha cuarenta por ciento probablemente aumentaria el costo de graduacion, obras de arte etcetera, unos veinte cinco porciento, o el costo total de la linea unos seis por ceinto. Es importante tomar este en consideracion si la linea tiene que transbordar carga, o conectar con otras lineas, aun en el porvenir porque los gastos de transborde serian grandes, y conecciones son imposibles entre lineas de trochas distintas.

Equipo

Tanques para agua, si bien hechos de cedro, cipres, o alerce, con techo, tubería y equipo, pero sin cimientos, bombas, o tubería afuera cuestan desde cinco hasta diez dólares por metro cúbico de capacidad. En lugares donde madera es disponible a razon de treinta dolares por mil pies cuadrados el costo sería menor, pero si la madera y otros materiales son importados, y es de poca capacidad, costaría mas. Varían en capacidad desde treinta hasta trescientos metros cúbicos. Uno de acero con capacidad de 50M3 costó $1000 abordo del tren en un puerto de Brazil, sin tubería, bombas ni cimientos.

Carros de madera cuestan 50% mas para reparaciones que carros de acero. El costo nuevo varía de seiscientos hasta ochocientos dólares. Si son de acero pueden costar desde $1000 hasta $1400. Si hay madera disponible cerca del ferrocarril resulta economico aveces usar cajones de madera y marco y trucks de acero, porque los carros de acero son un poco mas pesados.

Carros para pasajeros pueden costar de $4500 hasta $5500 dólares para segunda, o primera clase. A todos estos gastos hay que agregar los gastos en el punto de las compras, fletes, seguros, descargas y gastos de puerto, aduanas y la construcción, o montadura del equipo. Estos gastos en Brazil aumentan el costo de sesenta hasta setenta por ciento.

Cuatro locomotoras pesando cincuenta toneladas cada una, costaron en 1910 en Nueva York $8,500 cada una. En Paranagua Brazil, ya montadas, costaron $12,700 cada una. En la selección de equipo hay que considerar el costo cuando puede entrar en servicio, el peso, la capacidad en peso, espacio y metros cuadrados de piso, la proporción del peso muerto dividido por el peso neto que llevará, y la estadística del porcentage de peso neto verdadero dividido por el peso neto posible. En los Estados Unidos han encontrado que no es necesario construir tipos de carros entre treinta y cincuenta toneladas de capacidad por que cuestan mas o menos igual, pero no llevan tanto. Por ejemplo, un carro de cuarenta toneladas de capacidad no sería económico.

En los Estados Unidos el promedio de 50,000 carros pasando sobre una línea del este del pais, fué como sigue:

		Toneladas netas de 2000 libras (907) kg.
1.	Fierro y minerales	49.3
2.	Fierro fabricado	48.0
3.	Fierro en rieles	47.0
4.	Coke	35.7
5.	Carbon bituminoso	43.0
7.	Piedra y arena	29.5
8.	Cemento, cal y ladrillos	29.2
9.	Madera y tablas	23.2
10.	Sal	24.5
11.	Licores	15.9
12.	Trigo	35.8
13.	Mercaderías	5.8
14.	Obras manufacturadas	16.8
15.	Petróleo y aceites	14.7
16.	Carne congelada	11.3
17.	Otros productos de frigoríficos	15.0
18.	Maquinaria	14.0
19.	Productos de lecherías	8.9
20.	Azúcar	18.4
21.	Frutas y legumbres	15.5
22.	Maiz	27.6
23.	Avena	24.0
24.	Heno	11.5
25.	Otros granos	26.8
26.	Harina	20.5
27.	Animales vivos	8.6
28.	Todos los otros artículos	20.5

Parece que con la excepción de minerales, fierro y carbon, no hay artículo que pesa mas que treinta toneladas por carro. Es claro que un carro mas grande podría contener mas carga, pero el promedio del uso de un tipo producido por cincuenta años de práctica era como indica la tabla.

Faltando minerales, fierro y carbon, pues, la indicación es que carros para treinta toneladas sería la capacidad máxima. En el oeste de los Estados Unidos el mejor promedio de cargamentos es cerca de veintiocho toneladas. El largo de carros para minerales se aproxima a doce metros, carros de carga general once metros, y hay varios tipos de nueve a diez metros.

En los Estados Unidos hay 2,300,000 carros para carga. 770,000 de éstos son de treinta toneladas, 690,000 de cuarenta toneladas, y 570,000 de cincuenta toneladas de capacidad. La tendencia es aumentar los de cien mil libras, y sesenta mil libras, y disminuir el número de los de cuarenta toneladas.

El peso es muy importante porque cuesta lo mismo moverlo y leventarlo sobre las gradientes tanto si fuere bruto como si fuere neto.

DEPRECIACIÓN

En muchos casos el ingeniero desea tomar en cuenta la depreciación de la propiedad de un ferrocarril. La "Comision de Comercio entre Estados," de los Estados Unidos han determinado que:

1) *Depreciación* es la disminución de valor de propiedad debido al uso u otras causas.

2) *La obra de mano* deprecia en la misma proporción como la del material con que está unida para formar el valor considerado.

3) *La condición por cienta de servicio* es la proporción entre *capacidad restante para servicio* capacidad total para servicio en el ciclo correspondiente.

4) Depreciación será determinada por observación de la propiedad, y estadística de mortalidad para propiedades parecidas, siguiendo la fórmula de línea-recta.

5) *Salvajia* es el valor neto que tenga un artículo para el uso del ferrocarril aparte del valor para el uso a que fué destinado en primer lugar.

6) *Sobras*, o utilidad restante, es el valor neto que posee un artículo en el mercado cuando su servicio al ferrocarril ha terminado.

7) *Vida normal* será determinada por la duración media en servicio bajo condiciones normales.

Reglas Generales.—1) Si una propiedad consta de varias partes, la *condición por ciento* es determinada en proporción a las partes.

2) La condición por ciento no puede ser mas que 100% de la vida normal, y la vida normal no puede variar en un sistema de vias.

3) Si no ha sido determinada la vida normal y restante son determinadas por inspección de la propiedad y los archivos.

4) Salvajía y Sobras son admitidas solamente cuando se sabe que existen valores.

ALGUNOS VALORES ACEPTADOS EN LOS ESTADOS UNIDOS

Cuenta.	Vida Normal.	Depreciación por año.	Sobras o Utilidad restante.
Ingeniería	Permanente	0	0
Movimiento de tierra y túneles	Permanente	0	0
Mamposteria y Revestimiento	Permanente	0	0
Puentes de metal. (Sin aumento de carga viva)	70	1.25%(?)	Resulta de venta
Alcantarillas de mamposteria	100	1%	0
Alcantarillas de fierro fundido	80	1%(?)	Resulta de venta
Tubería, otra, fierro o acero	30	3%(?)	Resulta de venta
Tubería de concreto o greda	50	2%(?)	
Durmientes—segun archivos e informes de condicion verdadera		1%(?)	Valor para vias secundaria
Rieles—primer ciclo	50	1%(?)	
Rieles—segundo ciclo	50	1%(?)	Resulta de venta
Eclisas, como los rieles que unen, en los ciclos			
Tornillos, como los rieles que unen, en un ciclo.			
Clavos como los durmientes.			
Otros materiales para vias, depreciación 100% durante un ciclo del riel.			
Tendér vias—con los materiales de via			
Alambre, telegrafo, fierro	50	2%(?)	Resulta de venta
Alambre, telegrafo, cobre	100	1%(?)	Resulta de venta
Edificios para oficinas y estaciones:			
Hechos de madera	60	1.5%(?)	Resulta de venta
Hechos de mampostería	100	1.0%(?)	Resulta de venta

EQUIPO

Clase de Equipo.	Promedio de años de servicio.	Depreciación por año.	Utilidada restante
Locomotoras a vapor	24	4%	$7.50 por tonelada bruta
Carros de madera, pasajeros	30	3%	10% costo de reemplazo
Carros de acero pasajeros	45	2%	10% costo de reemplazo
Carros de acero pasajeros motores	40*	2.25%	10% costo de reemplazo
Carros de madera carga	20	4%	20% costo de reemplazo
Carros de acero carga	25	3%	25% costo de reemplazo
Carros para carga sobre plataformas con marco de acero, caja de madera	30	2.5%	25% costo de reemplazo
Locomotoras electricas	31	3%	Resulta de venta.*

(* Utilidad restante de locomotoras eléctricas se calcula de datos precisos sobre el peso de los metales diferentes usados en la construccion.)

Cuando los numeros, son seguidos por (?), indica que se supone que seria usado este numero, pero no fue fijado por la Comision mencionada.

Afecto de Trazo Sobre Conservacion

Muchos de los gastos de conservacion son afectados por el trazo. El "Engineering Record" de Setiembre 2, 1916, publicó un articulo escrito por Sr. Kenneth L. Van Auken, de Chicago, que, en parte, dice que:

La conservacion de vias es afectada materialmente por (1) la clase de tierra en cortes y terraplenes, (2) la clase de tierra debajo de las terraplenes, (3) el porcentage de linea en curvatura y la clase de curvatura, es decir el radio usado y el numero y longitude de curvas reversas, o compuestas de dos o mas radios distintos, (4) la proporcion de linea que tiene corte a un lado y terraplen al otro; (5) la proporcion de la linea que pasa a las orillas de rios, (6) la altura de los terraplenes; (7) el numero de tuneles y puentes; (8) la proporcion de linea en terraplen que obstruye antiguos o abandonados lechos de rios; (9) la gradiente en cortes; (10) la anchura de cortes; y (11) el porcentage de terraplen en lugares expuestas a nevadas copiosas.

1) Es dificil mantener en buen estado un corte en material blanda y mojada. El barro del subsuelo cambia posicion con la lastre hasta que esta no sirve para soportar la via. La unica manera de evitar esta mala condicion es la construccion de drenaje artificial bastante profundo para eliminar el agua un poco mas abajo que la lastre. El material sacada de un corte blando y mojado no es buena para terraplenes. Las taludes que aproximan al horizontal requieren mas material, no son estables y en tiempo de lluvias pueden occurrir derrumbes en terraplenes de tierra mala de cortes. Si es absorvente la tierra, seria necesario nivelar y alinear la via cada primera, y aun despues de cada lluvia fuerte.

2) De vez en cuando parece necesario echar la linea a un bañado, estero, o tembladero, asi llamado, y puede ser que lo que parece ser terreno relativamente solido no lo es, sino una capa muy delgada. En algunos casos las terraplenes desaparecen despues de la construccion parcial. En algunos casos el hundimiento de terraplenes es accompañado por el solevantamiento de lomitas a cada lado, que formar represas, y lagunas, asi dañando a las propiedades aguas arriba. El movimiento longitudinal de rieles es causado en parte por la defleccion de la via, y este es mayor cuando el subsuelo es

mojado. Las durmientes pudren y los metales oxidan mas pronto cuando estan mojados.

3) La trocha de curvas es aumentada por presion contra el riel exterior, y el riel interior es bajado mas por el exceso, o inclinacion de la carga. Para reponer la trocha se saca los clavos, y despues de algunas repuestas no hay mas lugar en las durmientes y tienen que ser cambiadas. El desgaste de los rieles es mayor en curva que en tangente. Si es corto el radio los rieles son renovados mas pronto y los durmientes maltratados. Es necesario alinear de nuevo los puntos de las curvas, y los cambios de radio en curvas compuestas muy a menudo.

4) Es dificil juntar una terraplen con un corte y si no se hace peldaños o escalones debajo de terráplenes unidos con cortes las terraplenes se separan de los cortes, hunden un poco, y dejan a la via disnivelada. Este mal desaparece despues de algunos años pero es costoso y forma una parte del presupuesto par asentamiento de terraplenes. Cuando la inclinacion mas arriba del corte es grande mucho agua va hacia la via, y si la inclinacion es normal al trazo las zanjas arriba del corte deben ser anchas porque se llenan pronto, y tambien recogen mucho sedimiento.

5) Una terraplen al lado de un rio necesita proteccion de piedra pero el agua a veces entra en la parte mas baja formando cuevas que permitan hundimientos inesperados. Es necesario sondear estas terraplenes despues de cada crecimiento del rio.

Si hay peligro de tapar la via es bien tomar en cuenta que cien metros de via tapada puede cerrar el trafico de una division entera, y que un metro mas de altura de terraplen puede, a veces, evitar ese peligro.

7) A veces los puentes hunden mas a un lado que al otro, y siendo dificil trabajar sobre puentes sin plataformas de refugio, los reparadores no tocan al puente aun cuando sea necesario. Es costoso y peligroso repartir durmientes y rieles sobre puentes y mas aun si la linea es curvada. Hay gases asfixiantes en tuneles y como no se puede ver a los trenes es necesario mantener un banderero a cada entrada o pedir el uso exclusivo del tunel durante ciertas horas. En tuneles hay poco espacio y luz, y la humedad tiende pudrir a las durmientes asi como oxidar al metal.

8) Es peligroso cambiar los lechos de arroyos o rios en

terreno aluvial porque el agua, o pretende volver a su antiguo curso o introducir curvas contra la via en lugares pocas protegidas. Siempre es peligroso seguir la orilla de rios en tierras blandas, porque son tramposos.

9) Cortes niveles son dificiles desaguar y una lluvia fuerte puede taparlos. Si hay curvas en el corte el maquinista no puede ver al peligro. Luego la cuadrilla de reparacion tiene que gastar mucho tiempo en las vias en corte y curva para que no haya accidente. Tambien necesitan ellos la proteccion de banderas en cada punto del corte porque no pueden ver a los trenes que acercan.

10) Cortes angostos faltan espacio para zanjas, y estaran llenados cuando llueve, especialmente si las taludes no son bien inclinadas. Siendo dificil el drenage es probable que la condicion se aproximará al de los cortes en tierra mojada.

11) Si nieve mucho es preferible tener terraplenes que cortes poco profundos.

No se puede evitar muchas de las condiciones desfavorables pero si se puede tomarlas en cuenta cuando son comparadas dos lineas. Si el costo de dos trazos distinos es aproximadamente igual es posible que las ventajas para la conservacion determinaria la que se construyera.

CAPITULO VII

EL TRAZADO DEFINITIVO

La organizacion y equipo de la comision es mas o menos lo mismo como si fuera para estudios preliminarios. Pueda ser bien emplear un ayudante mas para el topografo, si el terreno es tan accidentado que sea necesario hacer los presupuestos por medio de secciones transversales, tomadas en detalle. Al contrario, pueda ser bien disminuir el numero de ayudantes si el alinamiento es tal que se adelantase demasiado el estacado.

Las instrucciones al Locator son mucho mas definitivas, y fijan la clase de curvas que puede usarse, es decir sencillas, compuestas, o si tendrán espirales o no; el largo minimo de tangentes bajo las varias condiciones; la compensacion que se usará en las curvas; y el valor negativo de distancia, subida y bajada, y curvatura para usarse en la comparacion del costo de lineas alternativas. Tambien algunas empresas fijan una suma que puede invertirse para obviar la quiebra de una tangente, pero no es facil determinar el valor negativo de curvatura en si. El Central Mexicano permitió un gasto de doscientos dolares para eliminar una curva, aun si no fuera disminuido el angulo total de la linea, y esto con mas o menos dos trenes diarios en cada direccion.

Es probable que ciertos gastos de conservacion de via dependen tanto del numero de curvas, como de la cantidad de angulo, porque una falta de superelevacion en curva es mas notable que una diferencia de nivel entre rieles de linea recta. La cantidad que se permitiese gastar para reducir el numero de curvas, depende en una parte del trafico que la linea tendrá, pero tambien depende mucho del clima. En un pais de dos á cuatro estaciones distintas no es raro que las terraplenes muevan mucho mas que en uno donde las condiciones de temperatura y humedad son relativamente constante durante todo el año. Sin embargo, en terminos generales puede decirse que una empresa con poco dinero, o una que proponer rectificar y reconstruir su trazo dentro de veinte o treinta años,

o si el trafico probable es poco, no debe gastar nada adicional para enderezar la linea sin disminuir el angulo total.

Si la proyeccion definitiva ha sido hecha en la oficina del Jefe de Ingenieros las instrucciones al Locator incluirian un mapa detallado de la zona, mostrando en rojo la linea proyectada, y ésta no puede ser cambiado sin permiso especial. Sin embargo el estudio hecho por el Jefe a veces indica que seria bien obtener mas datos en ciertos partes, o aun tentar hacer un cambio grande. Si es necesario el ultimo es una indicacion que el estudio preliminario no ha sido bien hecho, o que las instrucciones al encargado le limitaba demasiado, o que el reconocimiento no cubrió todo la zona en bastante detalle para permitir una opinion definitiva. En esa parte de America al sur de los Estados Unidos es especialmente importante que las instrucciones sean bien detalladas debido a la costumbre de la mayoria de los Gobiernos exigir la presentacion de tantos detalles sobre lineas preliminarias. Está muy bien basar la concession o privilegio sobre el trazo presentado pero no es siempre justo insistir que se presentan tantas justificaciones para mejoras o cambios pequeños en el mismo trazo. Seria conveniente a todos los interesados si se permitiese hacer cualquier cambio en la linea proyectada que se deseara, siempre que no se pasara el radio minimo, gradiente maxima, u otro detalle de mayor consideracion. En cada caso de presentacion de planos sobre ferrocarriles particulares uno debe pedir en la memoria la reservacion del derecho á cambiar el trazo como quiere, siempre que no se aparte de las condiciones tecnicas establecidas por ley o contrato con el Gobierno. A la vez el solocitante puede obligarse presentar al Gobierno los datos correspondientes sobre cada cambio hecho, antes de, o cuando sea pedido, la aceptacion de la linea.

La condicion ideal para el trazado definitivo de un ferrocarril se encuentra cuando el encargado puede hacer el estudio preliminario y el trazado definitivo de una vez, especialmente si la linea pasa por la clase de terrenos que comunmente, se llama dificil. En las pampas, o llanuras ondulantes hay tantas lineas posibles que es muy dificil eligir entre ellas. En las cordilleras es la condicion general que uno está obligado seguir el curso de algun rio o arroyo, y habiendolo eligido por la direccion favorable que lleva, no se puede abandonarlo y desviarse. Es cierto que el trabajo va mas despacio en las cordilleras que en las llanuras,

pero la demora es mas bien debido a los detalles tecnicos y no por la dificultad de eligir la direccion. Las lineas conocidas como las "grandes obras de ingenieria" casi todas son en terreno tan inclinado que el nivel fija muy aproximadamente por donde va el trazo, y la oportunidad para cambiar la direccion y disminuir los gastos es mucho menos que en llanuras ondulantes. Es cierto que un error pequeño, en la cordillera, puede resultar en un gasto enorme, pero el arte del Locator se encuentra en su apogeo cuando se traza la mejor linea que la zona ofrece, sobre terrenos de topografia relativamente suave.

Habiendo trazado una linea preliminaria, y terminada la proyeccion, con perfil, en la noche, el Locator visita de nuevo el terreno, lo estudia en detalle, indica las corecciones que sean oportunas, y entrega las instrucciones correspondientes al primer ayudante. El progreso es mayor bajo este sistema pero la comision entera tiene que entender muy bien sus quehaceres, y merecer confianza. La gran ventaja de este sistema es que el ingeniero que hace la proyeccion conoce muy bien el tereno, ademas los planos, y si hay cualquier error se lo puede corregir en el acto.

Otra ventaja es que no se pierde la linea preliminaria como suele suceder cuando hay una alteracion notable en el largo debido a cambios grandes en la proyeccion. A veces el acortamiento del trazo levanta las rasantes tanto que no se puede alcanzar al preliminario por medio de las gradientes permitidas.

En los casos generales, cuando hay dos o mas preliminarios, es necesario proyectar, y aveces trazar, la mejor linea que produce cada uno de ellos, y entonces comparar los resultados no solamente en cuanto se refiere al costo, mas tambien los detalles de curvatura, distancia, gradientes, y los gastos de explotacion y conservacion, que fueron estudiados en el capitulo proxima pasado.

Trabajo de Linea.—Siendo posible conseguirlas, las estacas serian de tablas, y deben ser dos y medio (2.5) por cuatro (4) por veintecinco (25) centimetros, cepilladas, por lo menos, en un lado. Las que se usaran para fijar puntos importantes deben ser de la misma seccion transversal pero de quince centimetros de largo, y son completamente enterradas.

Los numeros de las estaciones son marcados sobre el lado cepillado, de arriba por abajo, empezando con la letra que indica la linea. La cara de la estaca, o sea el lado que lleva

el numero, mira hacia el principio del trazo, o sea estacion zero. Es costumbre usar rojo para lineas preliminarias y azul para trazos definitivos.

En cada punto ocupado por el transito, teodolito, o tachymetro, segun lo que uno quiere nombrar al mismo instrumento, una estaca de quince centimetros debe clavarse, quedando nivel con la tierra, el punto exacto siendo indicado por una tachuela que tenga, preferiblemente, un hoyito o cuenca para colocar la bandera. A distancia normal de sesenta centimetros, debe clavarse una estaca que lleva el signo del punto y los numeros correspondientes, mirando hacia el punto. Cada kilometro debe marcarse un banco sobre un arbol, casa, o estaca solida, a unos cuarenta metros de la linea, y el porta-estacas debe clavarlas, o dejarlas al lado de la linea para el portamira.

Las carteras que usan el nivelador y portamira son las mismas que se usa en estudios preliminarios. Si el topografo no tiene que tomar mas datos, o digamos datos diferentes, el tambien usará el mismo tipo de libro como antes, pero tomará sus datos con mas exactitud, pues seran utilizados para calcular el movimiento de tierra y hacer presupuestos mas o menos exactos. A veces el topografo, ayudado por lo demas de la comision cuando sea necesario, lleva una cartera de secciones transversales como se usa en construccion, y apunta desde luego los datos completos para calcular el movimiento de tierra, colocando a la vez los pernitos de madera que indican al contratista donde empiezan las taludes.

El primer ayudante lleva sus datos en la cartera de estacado, mas o menos en la forma que se usaba antes, pero con mayor detalle, apuntando todo que refiere a curvas, alineamiento en general, linderos de propiedades, caminos, cursos de agua, construcciones existentes, pozos de lastre, etcetera. Una muestra de las anotaciones en la cartera de estacado y cartera de secciones transversales aparece en las paginas siguientes.

Cuando el trazado empieza el Locator habrá indicado al dibujante los puntos gobernantes de las diversas tangentes, con el radio, ó grado de curva, que las conectará en cada caso. Entonces el dibujante prepara y entrega al primer ayudante los datos que gobiernan al trazo, que puedan ser en la forma siguiente:

"Instrumento sobre estación *A* 3+7.50
Vista delantera sobre estación *A* 12

2 Estacion	Alin.	Deflec. I	Def. D.	LINEA Rumbo M.	"L" Rumbo C.
36	P.	—	—	N. 48°35' O.	N. 41°20' O.
34					
32					
30					
28					
26					
24					
22					
20					
18					
16					
14					
12					
10					
8		Δ = 7°20		N. 48°40' O.	N. 41°20' O.
7+4.1		3°40'			
6		2°57⅔			
4		1°57⅔			
2		57⅔			
L 0+0.78	P.C. 2° I				
					N. 34° O.

2

TRAZADO DEFINITIVO

17 de Junio-1911-nublado-sin viento

ROCA A LA VISTA

7m.
90°
72 m.
CORRAL
9m.
12m.
L 33+7.0
CAMPO CON PASTO
JUAN MORENO
L 21+03
42° 12'
arbol
36m.
46°
28
3 estacas
83°
30
30
51°
L 7+4.1 P.T.

1°40' = 100'
14.1×3   100.00
42.33

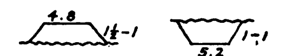
20.00
.78
19.22 × 3 = 57.66'

73.33
78
74.11

A 3.+7.5 P.I. Δ = 7°20', Δ/2 = 3°40'

Tan 7°20' = 73.43 ; D = 2 ; T = 36.72

37.5 − 36.72 = 0.78 ; L.C. = 73.33 ; P.T. = 74.1



Estacion	CORTE O RELLENO		
	Izquierdo	C	Derecho
0	-1.80 / 5.10	-1.80	-1.80 / 5.10
2	-1.90 / 5.25	-1.90	-1.90 / 5.25
4	-2.10 / 5.55	-2.10	-2 10 / 5.55
6	-2.40 / 6.0	-2.40	-2.40 / 6.0
8	-2.10 / 5.55 -2.0 / 2.0	-1.62	-0.5 / 1.0 -1.0 / 3.9
10	-1.10 / 4.05	-1.10	-1.10 / 4.05
12	00 / 2.4	00	00 / 2.4
14	+1.60 / 4.20	+1.60	+1.60 / 4.20
16	+1.80 / 4.4	+1.80	+1.80 / 4.40
18	+1.00 / 3.60	+1.00	+1.00 / 3.60
20	00 / 2.60	00	00 / 2.60

No. 28.

52

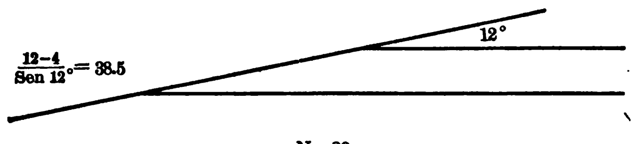
Nov 12 - 1902
T. M. D.

Eleva.	Cota	AREAS TRANSVERSALES Excavacion	AREAS TRANSVERSALES Relleno	METROS CUBICOS Excavacion	METROS CUBICOS Relleno	Inst	Lectura Corte Zero
98.20	100.00		13.50			B.M. 98.17 + 4.01 I=102.18	2.18
					280.4		
98.30	100.20		14.54				1.98
					312.4		
98.30	100.40		16.70				1.78
					368.6		
98.20	100.60		20.16			I 102.18 - 1.03	1.58
					302.4	E=101.15 + 2.35	
99.18	100.80		10.08			I=103.50	1.38
					171.8		
99.90	101.00		7.10				2.50
					71.0		
101.20	101.20	000	000				2.30
				108.8			
103.00	101.40	10.88					2.10
				234.8			
103.40	101.60	12.60					1.90
				188.0			
102.80	101.80	6.20					1.70
				62.0			
102.00	102.00	00					1.50

No. 28.

Mide un ángulo de 7° 20′ á la izquierda, que debe pasar veinte y dos (22) metros al lado norte del molino de viento de Juan Pastór. Curva 2°, radio 573 metros, P.C. *L* +00.8; P.T. =7+4.1. Estacion *L* (localización definitiva) 1472+7.0 = *A* 1491. Instrumento sobre *L* 1472+7.0, vista trasera *L* 7+4.1, angulo quince (15°) grados á la izquierda debe caer sobre *A* 1493+0.00. Extiende tangente *L* 7+4.1 ...... *L* 1472+7.0 hasta *L* 1484+3.0 =P.I. (punto de intersección), vista trasera sobre *L* 1472+7.0, mide un ángulo de doce (12°) grados a la derecha, que debe cruzar el camino público cerca á estación 1495+6.0, dejando el poste en la esquina del campo de Pedro Arrarte, á cuatro metros á la izquierda de la linea; cruzando la linea *A* en estación *A* 1510 = *L* 1490+3.0 En la interseccion de *L* 1484+3.0 conecta las tangentes con curva de dos (2°) grados ó sea un radio de 573 metros; etcetra."

Teniendo estos datos el primer ayudante puede trazar la



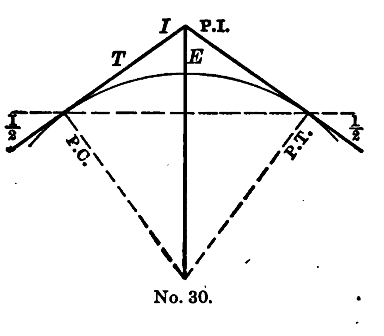
No. 29.

linea sin perder mucho tiempo, pero es necesario que tenga tantos puntos de referencia como sea posible para que no haya posibilidad de equivocarse. Si hay falta de acuerdo entre los datos suministrados debe tomarse en cuenta que la linea debe pasar por cierto terreno, aun si la numeración no es exactamente lo que se esperaba. El punto de intersección del último ángulo mencionado arriba debe ser ciento diez y seis (116) metros (sobre linea *L*) mas allá del punto *A* 1491, aun si la medición de *L* no resulta ser *L* 1472+7.0. Si el ángulo entre las dos líneas es lo que debe ser, y un ángulo de doce (12°) grados determina una línea que pasa, no á cuatro metros, sino á doce metrós del poste en la esquina del terreno de Pedro Arrarte, entonces ésta indica que el punto de intersección debe ser mas adelante para ajustarse con el terreno.

Moviendo el punto á la estación *L* 1476+5.5 echa la tangente delantera á la posición debida, y con el rumbo calculado. Las curvas sencillas, ó sea de radio constante, son las mas encon-

tradas, y ha sido posible preparar ciertas tablas que pueden usarse con ellas. La cuerda de la curva tipica es de veinte metros, ó dos estaciones de un decametro cada una. La curva se defina por su grado, D, es decir el ángulo central comprendido entre dos radios y subtendido por una cuerda de veinte metros. El ángulo central que corresponde a una fracción de veinte metros es proporcional a la fracción. La mitad del ángulo central es el ángulo de deflexión, ó lo que se mide con el instrumento desde la tangente para colocar la estaca correspondiente.

La distancia entre el punto de la curva y el punto de intersección (P.I.) se llama la semi-tangente, por ser la tangente correspondiendo á la mitad de la curva, ó subtangente. En las tablas es llamada sencillamente T. La distancia E se mide desde el punto de intersección hacia el centro del circlo, y hasta el punto media de la curva. Es la secante external, a veces escrita "Exsec," ó sencillámente E.



No. 30.

Sabiendo que una curva debe pasar á una distancia aproximada del punto de intersección, y habiendo medido el ángulo, se calcula el radio por las formulas siguientes:

$$T = R \tan \frac{I}{2};$$

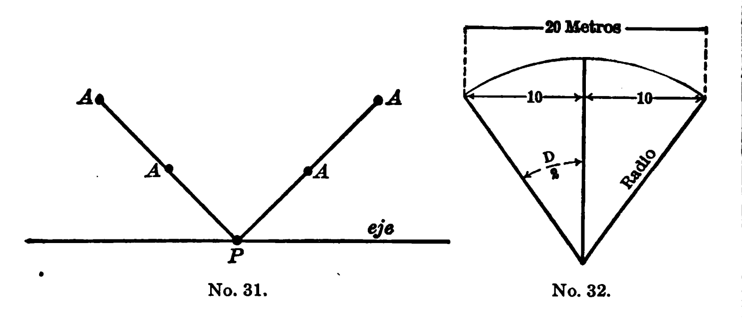
$$E = T \tan \frac{I}{4};$$

$$R = \frac{E}{\tan \frac{I}{2} \tan \frac{I}{4}}.$$

En éste calculo es preferible usar logaritmos. El valor de R que se obtiene por ésta formula es aproximado en el sentido que es preferible usar un valor redondo de D que tenga un radio aproximado a lo que se necesita para cumplir con la

condición dada. En algunos casos, como se encuentra cuando es necessario tocar el centro de un puente ó cruzamiento instalado, se usa el valor de *R* que arroja la fórmula.

Habiendo determinado *D* y *R*, se calcula *T*, ó la saca de la tabla, y mide esa distancia en el terreno, empezándo en el punto de intersección y terminando en el P.T., ó punto de tangencia, sobre la tangente delantera. Allí se clava una estaca con tachuela, dejando otra estaca de referencia. Luego los cadeneros vuelven y miden desde el P.I., y por la tangente trasera, una distancia igual. Este punto, marcado con estaca y tachuela, será el P.C. ó principio de curva. Estos dos puntos, y el P.I. sirven para valizas y son los que determinan la curva



No. 31. No. 32.

y debe ser colocados con cuidado, ademas de ser guardados por puntos de referencia.

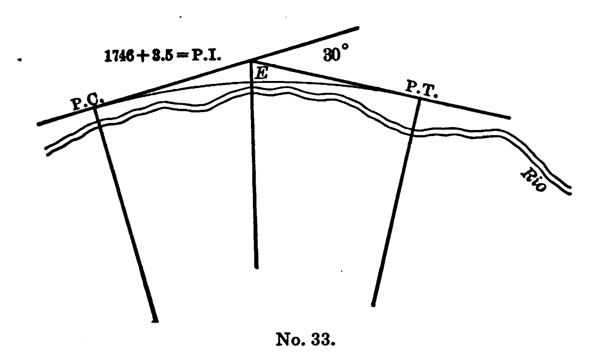
P indica el punto que se desea cuidar. *A* indica los puntos de referencia. Si sea perdido, *P* puede reponerse por medio de una intersección entre las dos líneas *A*, *A*. Cuando son colocados los puntos *A* es costumbre medir aproximadamente cada uno de los tres ángulos, asi como las distancias *P–A* y *A–A*, anotandolas en la cartera.

Si uno quiere calcular el radio que corresponde á cierto grado *D* de curva, se toma la mitad de la cuerda, ó sea diez metros, y la divide por el seno de $D/2$.

Muchos de estos calculos se evita por medio de las tablas sobre Radio de Curvas; y Tangentes y Externales a una curva de un grado. Para usar las tablas se mide el angulo *I* de intersección, y determina el valor de *E* que se desea. Se toma de la tabla el valor de *E* que corresponde a *I* para una curva

de un grado, y lo divide por el largo deseado. El resultado es D, ó el grado de la curva. Generalmente el D obtenido asi es una fracción, y si no es sumamente accidentado el terreno, ó excesivamente grande I, es costumbre usar el grado mas aproximado. Por supuesto, es mas importante ajustarse el terreno que tener un número redondo como grado de curva, pero la diferencia en costo generalmente es poca cosa.

El sistema de tablas ahorra mucho tiempo, no a una persona, sino á toda la comisión, mas tambien reduciendo la probabilidad de errores en cálculos, que es importante. Sin embargo, no es exacta, y por eso ha sido agregado á la tabla de targentes y externales, otra tabla pequeña de correciones que se



No. 33.

agrega siempre á los valores de tabla. Para mostrar el uso de las tablas se toma la condición siguiente:

El ángulo medido es trienta grados. Como no quieren echar la linea al rio, se mide E, ó sea la distancia máxima, para usar el radio mas largo ó curva mas suave que sea posible. Se encuentra que $E=21$.

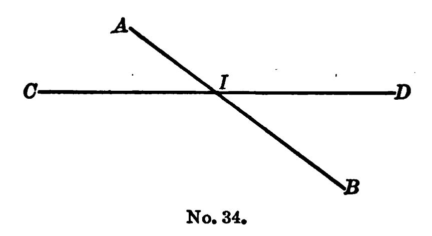
Para curva de un grado el valor de E que corresponde á treinta grados de ángulo es 40.42 metros $\frac{40.42}{21}=2\pm$ y $\frac{40.42}{2}=$ 20.21, que es un poco menos que el máximo posible. $\frac{T}{2}=\frac{307.06}{2}$ $=153.53$. Según la tabla de correciones, el error es menos que un centímetro. Si la estación del P.I. sea $1746+3.5$, entonces P.C. $=1746+3.5-153.53=1730+9.97$. L.C. (largo

de curva) = 300 metros, luego P.T. = 1760+9.97. La distancia L.C. se mide entre los puntos P.C., P.T.

Problemas del Campo

1) **Interseccion:** Para determinar la intersección exacta de dos tangentes es necesario que el primer cadenero la aproxima lo más que sea posible por medio de las banderas (lanzas) que lleva.

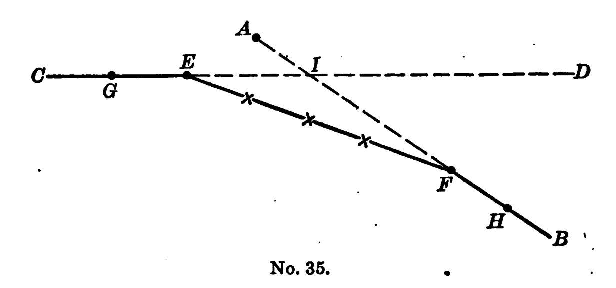
Suponiendo que *A–B* indica una línea ya estacada, y se acerca la línea *C–D*; para fijar el punto *I* el cadenero se pone en la línea *A–B*, alineandose por medio de las estacas. El cadenero trasero indica la línea *A–B* al delantero, mientras que el último obtiene la línea *C–D* por señas del encargado



No. 34.

del teodólito. En fin, el cadenero delantero llega á un punto, *I*, donde el instrumento en línea *C–D*, y el cadenero en *A–B* indica como la verdadera intersección, pero no es la verdadera, sino la aproximada. Este punto provisional se marca por medio de una estaca cortita y provisional, usando preferiblemente alguna cosa delgada como un fósforo ó clavo. Luego el primer cadenero se aleja de la línea *A–B* una distancia de un metro mas ó menos, y mas cerca á *D*, si el instrumento está cerca á *C*. Se pide la alineación definitiva y se clava una estaca, dejandola quedar afuera de tierra unas siete ú ocho centimetros. Volviendo á pedir la línea se coloca encima de esta estaca, una tachuela que marca la línea exacta. La tachuela no se hunde completamente, sino se la deja sobresalir de la estaca unas dos milímetros. Esta estaca se puede nombrar *Z*. Entonces se coloca otra estaca *Y* exactamente igual en todo sentido con la excepción de ponerla un metro mas ó menos al otro lado de *A–B*, es decir, mas cerca al instrumento

que *I*. Cuando estan colocadas las dos estacas se dá la seña correspondiente al teodólito para que al encargado mueve el instrumento á un punto cerca á *B*, con vista sobre otro punto cerca á *A*, para fijar la línea *A–B*. Entonces el cadenero delantero estira un hilo ó cuerda delgada entre *Y* y *Z*, los puntos provisionales. El hilo marca exactamente la línea *C–D*. Se obtiene la línea *A–B* del instrumento colocando la bandera sobre la línea en la tierra que el hilo indica. Habiendo obtenido línea *C–D*, se clava una estaca en el punto de intersección, hasta el nivel de la tierra de tal modo que la parte mas ancha de la estaca es parallela con el hilo. Entonces por medio del hilo se fija la línea *C–D* encima de la estaca en las dos orillas, conectándo los puntos con una raya de lapiz. Sobre esta raya de lapiz se pide al instrumento la línea *A–B*,



No. 35.

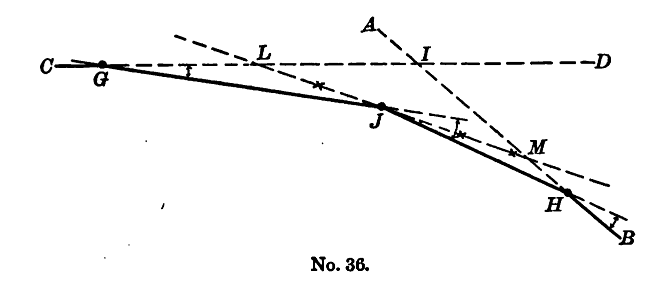
y habiéndola obtenido, se marca la verdadera *I* con una tachuela clavada hasta el nivel de la estaca, pero sin golpes fuertes que pueden afectar la posición de la estaca. Cuando está determinado el punto *I* se puede levantar las estacas *Y* y *Z*, pero antes nó. Si es que *I* verdadera dista mucho del punto aproximado se puede colocar dos estacas *U*, *X*, sobre línea *A–B*, asi como fueron colocadas *Y*, *Z*, sobre *C–D*, y llamar al ingeniero para que se prolonga la línea del hilo con el instrumento. Si no es muy pequeño el ángulo no hay razón para que los cadeneros hierren en la colocación de *Y*, *Z*.

Cuando el punto de intersección no es accesible se hace lo que se llama comunmente "una doble intersección" ó "triple intersección."

En el caso del doble intersección se coloca el punto *E* sobre *C–D*, y *F* sobre *A–B*. Se mide los dos ángulos en *E* y *F*

midiendo con cuidado la distancia *E–F*, y calculándo *E–I*, asi como *F–I*. El ángulo *I* es la suma de los dos ángulos, *E* y *F*.

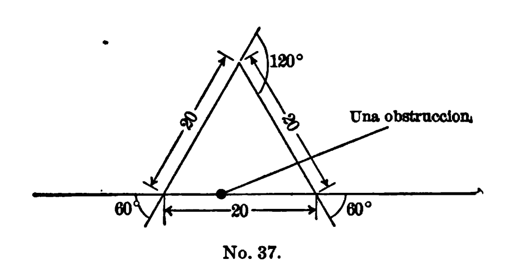
Una triple intersección seria cuando *E* y *F* también son inaccesibles, y se conecta, digamos *G*, y *H*, con algun punto sobre *E–F*. La línea *E–F* puede estar donde quiera, y cual-



No. 36.

quier punto mas cerca al punto *I*, que la línea *G–H* puede ser considerado como si fuera sobre *E–F*.

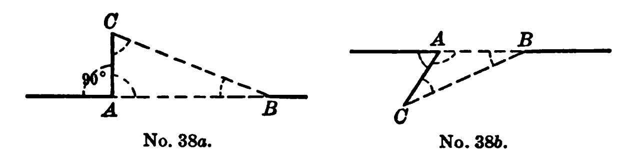
El ángulo *I* es la suma de los ángulos *G*, *J*, *H*. Se mide *G–J*, y con esta distancia, y los ángulos *G*, *L*, *J*, se calcula el triángulo *G–J–L*. Entonces *L–J* mas *J–H* es considerado



No. 37.

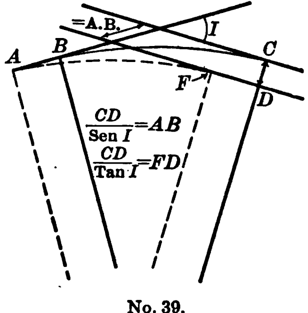
como *E–F* en el problema de doble intersección, el ángulo *L* (=angulo *G* mas angulo *J*) toma lugar de angulo *E*, y ángulo *H* de ángulo *F*. Se calcula el triangulo *L–H–I*, y á la distancia *L–I* se agrega *G–L*, obteniendo *G–I*. Se calcula directamente la distancia *H–I*. Se puede tener el número de intersecciónes que se quiere, pero lo menos que son, lo menos será el trabajo.

2) Cuando se hace estudios preliminarios y se encuentra con una obstrucción, puede desviarse la línea un poco, pero el trazado definitivo no puede desviarse. Si la obstrucción es pequeña se la puede pasar por medio del triangulo equi-lateral, y continuar directamente la enumeración del estacado.



No. 38*a*. No. 38*b*.

3) Cuando quieren cruzar un rio profundo se hace la medición por medio de triangulación. Se mide *A–C*, y dos de los tres ángulos, y con estos datos de calcula el triangulo, obteniendo *A–B*. La distancia *C–B* no es de interés ninguno. Se agrega *A–B* a la numeración del punto *A*, obteniendo la numeración de *B*. Siempre es bien leer el rumbo magnético sobre cada uno de los tres lados como prueba ruda de los ángulos exactos, asi como medir los tres angulos para probar que no hay error.



No. 39.

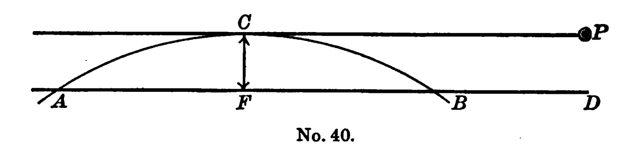
La curva sencilla fué tratada antes para indicar la forma de llevar anotaciones en la cartera.

4) Cuando se traza una curva y al llegar al P.T. se encuentra que el P.T. debe estar mas a un lado, el problema se resuelve en "cambiar el P.C. para que la curva termine en otra tangente paralela."

5) Si el P.C. no puede ser cambiado, por no tener mas tangente disponible, pero es necesario que el P.T. caiga sobre otra tangente paralela, entonces se calcula *A–B* como antes, y aumenta ó disminuye el subtangente usado anteriormente, según la condición, y con esta nueva subtangente se calcula el radio.

$$\frac{T}{\tan \frac{I}{2}} = T \cot\text{an} \frac{I}{2} = R.$$

6) Para terminar una curva en tal punto que la tangente nueva pasará por un punto distante pero visible á lo cual no se conoce la distancia, se busca a ojo, y con dos banderas, dos puntos *A*, *B*, sobre la curva. Si la distancia *P–D* normal a *A–D*, es igual al ordinado medio *C–F* entonces *C* es el nuevo punto de tangencia, porque *C–P* es paralela á *A–B–D*. Si hay un error pequeño y la distancia es grande, se puede medir

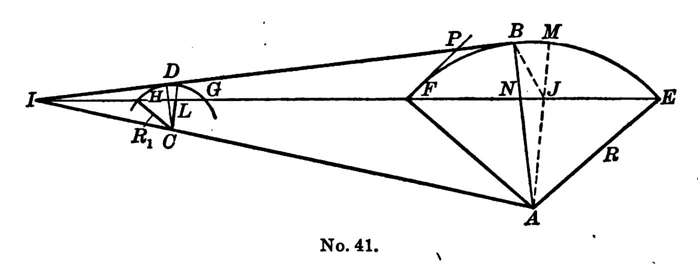


No. 40.

el ángulo del error y aumentar ó disminuir la curva por ese angulo. Hay soluciones exactas pero generalmente consumen mas tiempo que el método indicado, y en trazos nuevos no son necesarias.

7) Si uno desea conectar dos curvas existentes con una tangente nueva se proceda en la manera siguiente:

El radio siempre es normal á la tangente. Luego *A–B* es



No. 41.

paralela á *C–D*. El punto *F* se elige lo mas cerca a *B* que sea posible, cambiando el punto *B* hasta que la línea *B–D*, tangente á la curva de mayor radio parece tocar á la curva *C–D* en un solo punto. Pueda ser, sin embargo, que el punto no es *B*, sino *F*, muy cerca á *B*. Busca tal punto *H* que *C–H* es paralela á *A–F*, y mide *F–H*. Entonces se puede tomar ángulo $90° - FHC =$ ángulo *HCL*, lo cual es mas grande que uno quiere. Siempre será demasiado grande si la línea *E–F* está adentro de la línea *B–I*. Es necesario pues, disminuir el

ángulo HCL por LCD para determinar la dirección IB de la tangente.

$$CL = R_1 \text{ sen } FHC.$$
$$HL = R_1 \text{ cosen } FHC;$$
$$\text{aproximadamente } DL = R_1(1 - \text{sen } FHC);$$
$$BJ = R(1 - \text{sen } FHC).$$

Estos valores no son exactos pero aproximan á la exactitud, mientras que M aproxima á B, pero siempre será mayor BJ ó DL, que lo que arroja la fórmula.

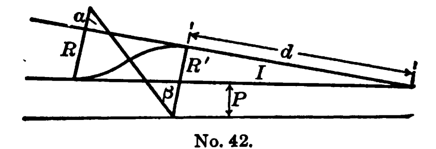
$$BJ - DL = (R - R_1)(1 - \text{sen } FHC);$$
$$LJ = FH + (R - R_1)\cos FHC.$$

Aproximadamente sen angulo JAB puede ser determinado pero no sera exacto el resultado porque BJ no es exactamente normal á DB.

$$\text{Sen } JAB = \frac{(R - R_1)(1 - \text{sen } FHC)}{FH + (R - R_1)\cos FHC}.$$

$(90° - FHC)$ es el ángulo entre la línea FH y la tangente á la curva en el punto F. La diferencia entre $(90° - FHC)$ y JAB es igual al ángulo FPD que debe ser quitado de la curva R.

8) Para conectar dos tangentes convergentes con una curva reversa:



No. 42.

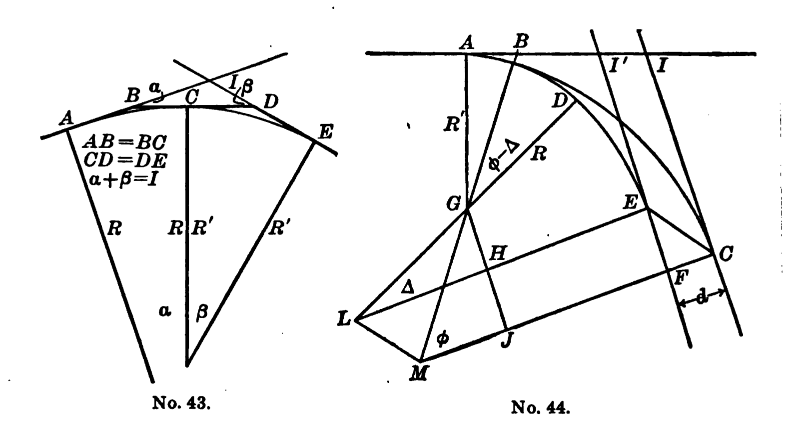
Teniendo I, d, R, R', entonces $\cos \alpha = \dfrac{R + R' \cos I - d \sin I}{R + R'}$ y $\beta = \alpha + I$. En los trabajos de trazado definitivo es suficiente medir una de las distancias por escala, sobre la proyección.

9) **Curvas Compuestas:**—Para calcular las semi tangentes de curvas compuestas se las considera como si fueran intersecciones dobles (vease 35.)

Teniendo I, R, R', y uno de los ángulos α, β, se calcula la

semi tangente de la curva αR, digamos, asi obteniendo $A-B$ y $B-C$. $I-\alpha=\beta$. Luego se puede calcular las semi tangentes $CD=DE$. Con ángulos β, D, y distancia $BC+CD=BD$, puede calcularse el triángulo BID, asi fijándo las distancias AI, IE.

10) Si la curva no cae sobre E, como debe suceder, se puede mover el punto A una distancia, igual al error lateral en E dividido por sin I, como si fuera curva sencilla. Si A no puede cambiarse se puede cambiar el punto C, llamado P.C.C., hasta tal punto que la curva terminará en una tan-



No. 43.

No. 44.

gente paralela á la que pasaba por E, y á la distancia lateral que las condiciones exigen y permiten.

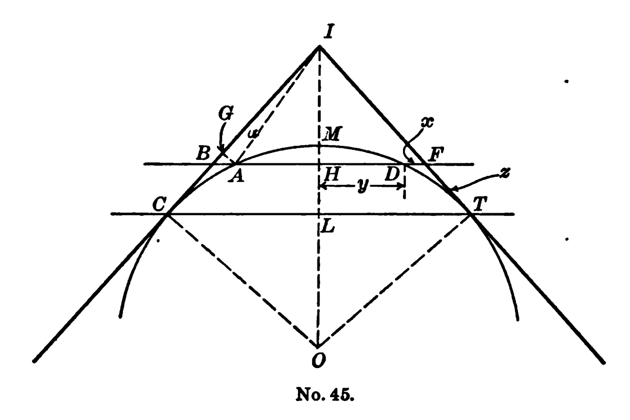
La curva empieza en el punto A, con Radio R', y termina en punto C con radio R. Se desea terminarla en la tangente $I'F$, paralela á IC, y distante d metros.

$$HE=JF;\ R=JF+LH=MJ+JF+d=$$
$$(R-R')\cos\phi+R-(R-R')\cos\Delta+d=R.$$

$\dfrac{d}{R-R'}+\cos\phi=\cos\Delta$. Hay tres mas problemas, es decir, cuando empieza con R, para moverse afuera, y adentro; y cuando empieza con R', y se mueve afuera, pero la solucion de ellos seria facil siguiendo el mismo sistema que hemos usado aqui.

11) Los demas de los problemas son relativamente sencillos a ellos que poseen bien la Geometria, con la excepcion posible de la determinacion del radio que conectará a dos tangentes dadas, la curva pasando por un punto dado que estará mas cerca a un punto de tangencia que al otro.

Refiriendose al diagrama, I es el punto de interseccion de dos tangentes, CI y TI. Se desea conectar estas tangentes por medio de una curva pasando por el punto A, que puede ser fijado o por las distancias IG y AG, o por medio de la linea IA y el angulo α. La linea BF es una cuerda del circlo pasando



No. 45.

por A, paralela a la cuerda CT, y perpendicular al secante OI que conecta el centro con el punto de interseccion.

$GA = IA$ sen α, (o se mide la distancia directamente).

Angulo IBD = la mitad del angulo I, = angulo B.

GA dividido por el seno de angulo $B = BA = x$.

$BH = IB$ multiplicado por coseno angulo $B = BA + AH$.

$AH = HD = y = (IB)$ cos (angulo $B) - x$.

$BC = z$.

Segun Euclid (Geometria), libro III, Teorem 36:

$z^2 = (BA)$ multiplicado por (BD), luego, $z^2 = (x)(x+2y)$.

Habiendo determinado el valor de CB, se lo agrega a IB, asi obteniendo el valor total de la tangente $IC = IT$. La tan-

gente asi determinado, dividido por la tangente natural, o multiplicado por la cotangente natural determina el radio deseado.

Datos para Obras de Arte.—Ademas del trabajo rutinario de la linea cada miembro de la comission debe apuntar los datos que le son disponibles para ayudarle en formar una opinion de la posicion de la roca, el sistema de drenaje; el porcentage de lluvias que corre por los arroyos, y la clase de vegetacion que cubre el territorio, aun si son del topografo y nivelador especialmente estas tareas. En el trazo definitivo se obtiene todos los datos necesarios para hacer planos definitivos para las obras de arte. Los planos de sitio de los cruzamientos con cursos de agua son de alta importancia.

Deben hacerse perfiles detalladas en papel cuadriculada (metrica) para mostrar secciones transversales en cada punto donde sea necesario una alcantarilla o puente. La escala natural mas comun, y preferible, es uno en cien. Este perfil debe mostrar la linea central por una distancia mayor que la largura de la estructura propuesta, asi como lineas paralelas al eje y separadas por ocho metros como màxima. El perfil tambien mostraria la altura de las señas de àgua alta y baja, las indicaciones superficiales de roca, la ubicacion de los pozos de ensayo y descripcion de las materiales encontradas en ellos; naturaleza de la material en el lecho del rio; elevacion de las estaciones de la linea, y las tazas de graduacion, asi como la inclinacion dė gradientes. Ademas del perfil se suministrará un plano topografico a escala natural de uno en cien, mostrando la localizacion del lecho del rio, y las curvas de nivel cerca al cruzamiento, para que la posicion verdadera de la estructura, como tambien los cambios necesarios en la cauce del rio, pueden determinarse. Donde la naturaleza de la topografia cerca al cruzamiento es tal que el area de la seccion transversal de inundacion a aguas altas no puede mostrarse, dicha area debe determinarse en el punto cercano mas practicable. El punto donde el rio sea mas confinado en crece debe ser seleccionado para la mensura si es posible. Siempre que sea factible obtener el area de la cuenca arriba de la linea por medio de taquimetria, debe hacerse por un ingeniero ayudante, con dos portamiras. No deben gastar mas que dos dias en semejante trabajo, y esto seria en caso de un puente importante. Como es el deseo de los ingenieros jovenes que

trabajan como portamira, o ayudante al topografo, obtener practico en el uso de los instrumentos, es bien comisionar a ellos para hacer los estudios taquimetricos de las cuencas, o sea el area del territorio que echa su agua por debajo de la estructura considerada. El topografo solo puede indicar el area arriba de la linea cuando se trata de distancias normales de unos cuantos centenares de metros.

La descripcion completa del area que se propone desaguar por medio de una estructura dada, debe someterse en la forma siguiente:

1. Terreno.—Vegetal, Arena, Cascajo, o Roca?
2. Vegetacion.—Bosques, densos o abiertos, o Llanuras?
3. Naturaleza del area, acaso plano, o inclinado; si es grande debe ser descrito por secciones distintas.
4. Si es posible obtener algun informe sobre la cantidad maxima de lluvias por hora, por dia, y por semana, asi como el porcentage de esta lluvia que es absorvida por el terreno, debe hacerse. Lo que uno tiene que saber o aproximar, es la cantidad de agua que cae, y el porcentage de esta que es evacuado por los arroyos en un tiempo dado.
5. La distancia, y clase de caminos, a lugares donde puede obtenerse roca, arena, cal, agua en epocas secas, u otras materiales de construccion que sean necesarias.
6. Estos datos, con un croquis de la estructura que propone hacerse, debe inscribirse en una cartera especial. No es necesario que el primer ayudante haga este clase de trabajo. Pueda ser hecho por algun otro de la comision si no es que el trazo ha avanzado tanto que el primer ayuadante no tiene que hacer mientras que llegan lo demas. Ademas de los datos que toma el nivelador para perfiles superficiales, debe hacer sondajes en los cortes y donde habria necesidad de excavar para cimientos de estructuras. Para cada pozo debe hacerse un croquis mostrando la altura de cada capa distinta de tierra, asi como las alturas variables de agua. Tambien hará el nivelador perfiles transversales donde sean necesarios, especialmente sobre caminos y cursos de agua que cruzan la linea.

Trabajo de Gabinete

Este incluye lo que hace en estudios preliminarios, con algunas adiciones. Es necesario hacer los planos y perfiles, a grande y a pequeña escala, segun las leyes o costumbres del

pais. Las escalas mencionadas en otros capitulos tambien sirven para trazos definitivos. Es menester hacer un plano o diagrama del movimiento de tierra, y es de alta importancia esta, porque indica muchas economias que pueden introducirse en el movimiento de tierras. Este diagrama es un perfil. Se empieza con la estacion zero, y en cada estacion de veinte metros o fraccion, se calcula la diferencia en metros cubicos de corte y terraplen. Teniendo estos datos por cada estacion se forma un libro, o cuenta, mostrando el numero de la estacion, los metros cubicos en corte, los metros cubicos de terraplen que la material de corte haria, los metros cubicos en terraplen, y la suma algebraica de todos los metros cubicos hasta el fin de seccion considerada. Todo material que sale o entra en la obra es tomado en cuenta en el calculo, aun incluyendo zanjas, pasos a nivel, y cortes en fundaciones, ademas del trabajo de linea. Si los cortes son de arena y se sabe que no puede llegar completa a los terraplenes, se la castiga, asi como si fuera lodo. Las cantidades castigadas son las verdaderas que se usa en la preparacion del diagrama, colocandolas en la segunda columna del libro o cuenta. Si los cortes son de roca que hincha, y que puede ser llevada completa a los terraplenes, hay que apremiarlos tanto porciento, colocando las cantidades apremiadas en la columna de valores verdaderos. Habiendo castigado o apremiado los cortes, y agregado las cantidades de zanjas etcetera, asi como la perdida o encojimiento que se considera propia para las taludes de terraplen, entonces se hace la adicion algebraica, y el perfil algebraica.

Habiendo terminado el perfil algebraica, o sea el diagrama de masa, se impieza cerca a la estacion zero donde hay necesidad de prestar o desgastar material, tirando una linea horizontal adelante. El punto o estacion donde esta linea horizontal cruza el perfil es donde la suma de cortes hará la suma de terraplenes. Es de suponerse que la linea de cantidades está bajando. Sigue la linea horizontal hasta que cruza el bajo y encuentra con el perfil en subida. Este tercer punto es donde el corte será bastante para hacer los terraplenes proximamente pasadas. El perfil y la linea horizontal forman los linderos de un area irregular. Si uno calcula el area y lo divide por el ordenado maximo, se obtiene el promedio de distancia que se lleva cada metro cubico en el corte considerado. Si hay limites economicos que determinan la distancia que

se puede transportar tierra o roca, se mide esta distancia sobre la linea horizontal, eliminando el corte a un punto del diagrama y el terraplen al otro punto. Este corte se desgaste, prestando material para terraplenes en el otro punto. Si el prestamo o desgaste es grande pueda ser preferible cambiar el trazo un poco para evitarlos, o aun aumentar el corte en un punto para disminuirlo en otro. La excavacion seria lo mismo pero el movimiento seria menos. Hay lugares donde no se puede cruzar, digamos donde hay puentes grandes. Estos puntos fijan los puntos en el diagram de masa, y trabajando en cada direccion de ellos uno puede eliminar mucho transporte inutil de materiales, es decir, tierra o roca. A veces sirve para mejorar las gradientes. Si va ser necesario prestar tierra, de todos modos, para construir un terraplen, y si dista mucho a material disponible, pueda ser preferible aumentar el corte en profundidad para obtenerla, asi mejorando las gradientes. No valdria la pena hacer este si no resulta una economia en gradientes o terraplen. El uso de este diagrama facilita mucho el calculo de transporte de materiales, reduciendo la discussion eterna con contratistas. Sirve tambien para indicar la direccion que debe ser llevada la material de cada corte cuando se empieza la construccion en muchos puntos a la vez.

El mismo libro que contiene los datos para este diagrama, puede servir tambien para formar el cuadro indicando la cantidad de trabajo en cada kilometro, seccion o division de la linea.

Estaciones.—Segun las instrucciones del jefe de ingenieros, se harán los planos de las estaciones o paraderos, o en la oficina general o en la oficina del encargado del trazo definitivo. De todas maneras es necesario hacerlos. Deben hacerse a escala de uno en quinientos, si no hay instrucciones al contrario. Este plano mostrará todas las construcciones propuestas incluyendo servicio de agua, canchas, bodegas, galpones, corrales, tanques, bombas, desvios, etcetera.

Documentos.—En Chile, Uruguay, y varios otros paises es menester enviar o entregar los siguentes cuadros con el proyecto definitivo.

a) Coordenados de los vertices;
b) Rectas y Curvas;
c) Gradientes:
d) Expropiaciones;
e) Estaciones y paraderos;

f) Cubicacion, movimiento de tierras, clasificacion de estas y distancias de transporte;
g) Alcantarillas, con la cubicacion detallada de cada una;
h) Cada una de las diversas clases de obras que se hubiere proyectado, con su cubicacion respectiva, siguiendo el orden que se expresa a continuacion;

1) Puentes mayores:
2) Tuneles;
3) Defensas de terraplenes y muros de sostenimiento:
4) Defensas de cortes y muros de contencion;
5) Desvios de agua;
6) Desviacion de caminos;
7) Pasos a nivel;
8) Cierros, puertas, etcetera;
9) Material de la via, linea y estaciones (incluyendo el telegrafo);
10) Edificios y obras diversas (parte comun a los diversos tipos);
11) Edificios y obras Fundaciones;
12) Obras especiales;
13) Lista detallada de precios de las diversas clases de obras; mostrando las materiales que se comprará en el extrangero, asi como los gastos en moneda del pais.

i) Un folleto de dos partes:

A) Bases del Contrato:

I) Formularios para la propuesta;
II) Condiciones generales del contrato;
III) Condiciones tecnicas, complementarias;
IV) Lista de planos de las obras;
V) Decreto de peticion de propuestas (si la obra es del Gobierno).

B) Documentos Anexos:

I) Memoria descriptiva:
II) Anexo de cubicacion y especificaciones;
III) Presupuesto oficial (si la obra es del Gobierno).

En cada pais las costumbres diferen un poco y uno no debe ceñirse estrictamente a esta lista sin consultar los reglamentos del Ministerio de Ferrocarriles, o Obras Publicas, en cada caso.

EL AJUSTAMIENTO Y CUIDADO DE INSTRUMENTOS

El Teodolito debe estar solidamente colocado sobre terreno firme. La parte superior del trípode, formado de una cabeza con rosca, se nivela lo mas aproximadamente posible por medio de las tres piernas. Esto es para obviar que jueguen desigualmente los tornillos de nivelacion del propio instrumento. Entonces se afloja el tornillo horizontal que sirve para mantener en posicion la plataforma inferior, y principal del instrumento, y que la fija al eje vertical, siendo apretado. El tornillo que sujeta la plataforma superior a la inferior quedando apretado, se colocan los tubos de burbuja sobre los correspondientes tornillos verticales y por medio de éstos mismos tornillos se nivela el instrumento.

No está demas decir aquí que algunos de los instrumentos mas conocidos tienen cuatro tornillos de nivelacion, mientras que muchas marcas europeas, y algunos norte americanas no tienan mas que tres. Generalmente los de tres pesan mas que los de cuatro del mismo estilo, porque la base es un poco mas grande. Como tres puntos determinan un plano, los puntos casi siempre descansan sobre la base correspondiente, y el instrumento queda un poco mas sólido, pero éste no quiere decir que el plano determinado está a nivel. Cuando el diámetro de la plataforma es menos de quince centimetros, es muy dificil notar diferencia ninguna en la certeza del instrumento si tiene tres ó si tiene cuatro tornillos, pero si el diametro es de veinte centimetros o mas, entonces es probable que haya algo que decir en favor de los de tres, pero no ha sido probado practicamente. Con cuatro tornillos sin embargo, es mas facil la operacion y se ahorra tiempo. No es posible probar que el ahorro de tiempo es a costo de errores, pequeños que sean, y tambien se puede tomar en cuenta que casi ningun instrumento bien hecho tiene errores de medio minuto. En trabajos de ferrocarriles no se mide angulos menores de medio minuto de arco. El autor prefiere los de cuatro tornillos porque tiene la conviccion que se puede hacer mas trabajo en un dia asi,

pero hay otros ingenieros que insisten tener los de tres, y dan la misma razon. No obstante el autor ha dado instrumentos con cuatro tornillos a sus ayudantes en estudios de trazos, que no los habian usados antes, y dijeron los ayudantes que era mas facil usar los de cuatro que los de tres. Despues de nivelar el teodolito tentativamente se prueba la nivelacion sobre un tornillo de los tres ó sobre un par de los cuatro, verificándola cuidadosamente. Entonces se gira el instrumento 180° en azimut. Si la burbuja mantiene una posicion simetrica durante la semi-revolucion, el ajustamiento está terminado pero si no queda en tal posicion se elimina la mitad del error aparente por medio de los tornillos de nivelacion antes usados, y la otra mitad por medio de las tuercas encontradas en los puntos de los tubos de nivel. La operacion se repite, ya sobre un par de tornillos, ya sobre otro, hasta que las burbujas no se mueven durante una revolucion entera. Para asegurarse que no hay error en la línea de colimacion se procede de la manera siguiente:

Se apunte el telescopio al cielo y se mueve el anillo ocular hasta que los hilos transversales quedan bien claritos. Habiendo nivelado el instrumento cuidadosamente se cuelga una plomada de la rama de un arbol ú otro punto á una distancia de, digamos, veinte metros. Por medio del hilo fino de la plomada se prueba la verticalidad del alambre vertical del telescopio. Si no resulta vertical el alambre, o sea el hilo del instrumento, es necesario rectificarlo. Aflojando los tornillos que sujeta al retículo se le hace girar por medio de golpes dados con un lápiz. Cuando coincide el alambre con el hilo de la plomada mientras que gira el telescopio en altitud desde el punto mas bajo de la plomada hasta el nudo que la sostiene, entonces se aprieta el retículo. Despues de cerciorarse de la nivelacion, un punto distante *A* es bisectado con la cruz de los hilos, estando apretados todos lo tornillos que sujetan al instrumento para que no haya movimiento lateral ninguno. Hágase el telescopio "transitar" 180° en altitud es decir, hasta que la vista está en sentido opuesto (como es posible transitar, o mover el telescopio en un círculo entero de altitud en cierta clase de instrumentos, ha llegado ser costumbre nombrar a estos instrumentos "transitos") colocando un punto *B* a tal distancia que el ingeniero puede ver bien claro un lápiz puesto verticalmente sobre una estaca ancha. Habiendo probado este punto *B* se afloja el tornillo horizontal, de abajo

para que puede girar en conjunto el instrumento, y se lo hace girar 180° horizontalmente.

Entonces, sin mover el telescopio, el punto objetivo del instrumento, que antes estaba hácia el punto *B*, ahora mira hacia el punto primordial, o sea *A*. Apriétanse los tornillos que detienen el movimiento horizontal, se bisecta cuidadosamente *A*, y gira por segunda vez el telescopio 180° en altitud. Si bisecta el punto *B* la cruz, está en ajustamiento debido, pero si no bisecta el punto *B* es porque hay error en el instrumento. Para corregir este error se mueve el hilo vertical una cuarta parte del error aparente por medio del tornillo con cabeze en forma de cabrestante. Este tornillo se encuentra al lado del telescopio, y es uno de los cuatro que mantienen en posicion el retículo ó diafragma de la cruz. Habiendo corregido el error, borrese al punto *B*, empezando la prueba de nuevo, pero usando el punto *A* como antes, y repitiendo el ajustamiento en la misma forma. Algunas veces es necesario dos ó tres repeticiones antes de eliminar el error completamente.

Si es que el telescopio tiene lente erigiente, es necesario mover el hilo vertical, en el ajustamiento, en tal direccion que parece aumentar el error, pero si los lentes invierten el objeto los hilos se mueve en una direccion que parece disminuir el error. Para determinar si tienen la misma altura los dos puntos de soporte del eje transversal del telescopio, se nivela el instrumento cuidadosamente, apretando a la vez los tornillos que sujetan al instrumento. Fija la cruz de los hilos en un punto alto *A*, digamos, con un angulo vertical de cuarenta hasta sesenta grados. Entonces baja el telescopio hasta encontrar un punto *B*, mas bajo que el instrumento. Si no se encuentra punto definitivo se puede colocar uno. Si no hay error en el instrumento los puntos *A* y *B* estan en el mismo plano vertical. Se afloja el tornillo de abajo y gira el instrumento 180°, horizontalmente, se fija la cruz en el punto *A* y la baja hasta *B*. Si bisecta *B* el ajustamiento está terminado, pero si no es asi, se ajusta el eje por medio de los tornillos con cabeza de cabrestante, colocados debajo de un punto del eje transversal, apretando ó aflojando, a la vez, los tornillos con cabeza redonda arriba del mismo punto del eje. Esta correccion se termina solamente despues de varias pruebas, pero uno no debe pretender eliminar mas que la cuarta parte del

error aparente para empezar de nuevo, colocando de nuevo el punto *B*.

La cruz de los hilos debe aparecer en el centro del campo de vista, Despues de enfocar los hilos se dirige el telescopio hacia el cielo y si es eccentrico la cruz, mueva los tornillos, (de a pares) que sostienen los lentes del punto del ojo, hasta que desaparece la eccentricidad.

Habiendo hecho todos los ajustamientos que afectan a los hilos, cada uno deben ser repitido, porque a veces se cambia involuntariamente uno de los ajustamientos ya terminados, cuando se hace otro.

El nivel del telescopio debe ser paralelo a la línea de colimacion. Para probarlo se elige un terreno plano y clava dos estacas equidistantes del instrumento y en la misma linea con el instrumento. Nivélese la plataforma por medio de los niveles de tubo en los lados, y nivela el telescopio lo mas aproximadamente que sea posible, apretando el tornillo que lo sujeta. Se toma la lectura de altura sobre una de las estacas *A*, y, sin tocar al telescopio, gira el instrumento horizontalmente hasta que sea visible el estadal colocado encima de la otra estaca *B*. Clava a la estaca *B* hasta que obtiene la misma lectura que fué obtenido sobre *A*. Entonces las dos estacas tienen la misma elevacion. La distancia entre las estacas debe ser mas ó menos cien metros.

Habiendo fijado las estacas con igual altura, sobre el mar, se coloca el instrumento en linea con las dos estacas, y lo mas cerca a la estaca *A* que sea posible, con la estaca *A* entre el instrumento y estaca *B*, y bastante distante de *A*, para que sea posible leer la altura de *A*, con el instrumento. Se nivela la plataforma, ó alidade, como suelen llamarla, y mueve el telescopio hasta que se obtiene la misma lectura sobre las dos estacas, apretando el tornillo que sujeta el telescopio en ésta posicion. Ahora la linea de colimacion está a nivel y la burbuja debe estar en el centro del tubo. Si no está así, entonces se la corrige por medio de las tuercas en un punto del tubo, y las lecturas de la cruz deben ser iguales durante la prueba.

Cuando está terminado este ajustamiento, y estando nivelada la plataforma y el telescopio, se afloja el tornillo que sujeta el vernier del arco a los soportes del telescopio y mueva el vernier hasta que el zero coincide con el zero del arco. En-

tonces está ajustada la parte que corresponde a la medicion de ángulos verticales. Si hay círculo entero para medir ángulos verticales es mejor hacer la prueba de la manera siguiente: Habiendo nivelado el instrumento se fija un punto arriba ó abajo del nivel del telescopio y se mide el ángulo vertical. Entonces se da media revolucion al instrumento, horizontalmente, y se mide el angulo vertical al mismo punto pero con el telescopio en posicion inversa. El ángulo debe ser igual y si no es así se mueva el vernier hasta que coincida con el promedio de los ángulos leidos y se le sujeta en esta posicion. Es bueno repetir las lecturas, y si son iguales los ángulos leidos el ajustamiento está terminado.

La aguja deberá quedar horizontal cuando el instrumento está nivelado, y si es que no queda así es necesario correr el contrapeso que tiene en la direccion indicada. Si anda perezosamente la aguja pueda ser que no esté bien imantada, o tambien que la piedra sobre la cual gira, esté quebrada. De ningun modo debe uno pretender cambiar la piedra en campamento ni imantar la aguja si no sabe muy bien lo que se propone hacer. Las dos puntas de la aguja deben indicar diferencia de azimut de 180°, y si no es así la aguja está mal centrada. Entonces es conveniente leer el ángulo marcado por los dos puntos y apuntarlos, leyendo el ángulo a la izquierda, y tambien a la derecha, si importa mucho lo que indica la brújula. Si se usa la brújula solamenta para verificar el ángulo leido por el vernier, entonces no es necesario tanta precaucion. No obstante, se debe procurar corregir el error en la primera oportunidad.

Generalmente los teodolitos tienen tres hilos horizontales, uno en el centro, que forma la cruz usada en toda clase de observaciones astronómicas, y en el trabajo ordinario de la linea. Arriba y abajo de este hilo central y horizontal hay otro hilo. Estos dos hilos son de estadia, así llamada por la palabra griega que indicaba una medida. Son para medir distancias horizontales por medio de lectura del espacio interceptado en un palo vertical. El palo se llama mira, en algunas partes, y estadal, en otras. La costumbre es colocar los dos hilos equidistantes del hilo central, para que puede usarse la mitad solamente, si la distancia es grande ó si la vegetacion cubre la parte inferior y obstruye la vista. Ademas de estar a la misma distancia del central, son colocados de tal manera

que la lectura de una unidad en el estadal indica que dista cien unidades. Como no es conveniente que sea puesto el retículo que lleva los hilos en el verdadero centro del instrumento, ni el ojo tampoco, y como el triángulo de medicion de ángulos no tiene su punto o interseccion verdadera en el centro, resulta que hay una cierta distancia para cada instrumento, llamada la distancia focal, que afecta al cálculo de las distancias medidas. Generalmente el fabricante indica en el cajon para el instrumento el valor de esta distancia. Si no está indicada es facil obtenerla. Colocando el instrumento bien nivelado sobre un punto fijado, una linea es marcada en terreno plano, con una estaca cada treinta metros, digamos. Si la distancia focal, por ejemplo, es veinte centimetros, y los hilos están en perfecto ajustamiento, la distancia interceptada en el estadal colocado sobre la estaca de 150 metros debe ser 1.498 metros, en treinta metros debe ser 0.298 metros. No es absolutamente correcta la regla dada pero sí es bastante aproximada para el uso. Si son muy inclinadas las distancias medidas, ó nublada la atmósfera, no vale la pena de tomar en cuenta las correcciones si las distancias son largas. La verdadera interseccion de los rayos que forman el triángulo medido está a una distancia adelante igual a la distancia del centro del instrumento hasta la lente objetiva, mas la distancia focal. Si uno quiere conocerla se puede sacar la lente objetiva y colocarla entre el sol y una hoja de papel blanco normal a la línea entre papel y sol. Cuando la lente forma una imagen pequeña y bien clara del sol, entonces la lente dista del papel la distancia focal. El error en lecturas de estadia es igual a la suma de las dos distancias mencionadas, si estan colocados los hilos para medir un ángulo de uno en cien. Los hilos a veces, estan grabados en el lente, y no es posible una correccion. Otras veces está gravado el retículo y uno puede reponer la tela araña, si se estirase demasiado ó si se rompiese. Cuando no hay marcas para reponerla es una tarea bastante dificil que requiere mucha paciencia pero que no es imposible ha sido probado. Para obtener la tela araña, es necesario encontrar la araña. No sirven las telas que están tejidas porque tienen pólvo ó nudos.

Habiendo encontrado la araña, pequeña por preferencia, se la levanta con un palo de horqueta ancha y la obliga a caer, dando vueltas al palito. Revolviendo la horqueta se obtienen dies

o quince centimetros de hilo en forma de espiral, el hilo es cortado y la araña embotellada hasta que esté concluida la operacion, o la reparacion del instrumento. Entonces se puede libertar a la araña, porque no se le necesita mas. Para ajustar al Nivel de *Y* uno nivela el instrumento cuidadosamente y enfoca claramente los hilos por medio de la rosca en el punto del ojo. Para que el eje del telescopio coincida con la linea de colimacion, se procede de la manera siguiente: se fija el punto ladero del hilo horizontal en un punto distante y bien marcado, y se mueve el instrumento hasta que el hilo horizontal ha pasado totalmente sobre el punto. Si el punto parece subir ó bajar, se aflojan los tornillos de cabeza de cabrestante y muevanse con un lapiz haciendolos mover hasta que el hilo siempre quede sobre el punto. Entonces el hilo está horizontal. Esta operacion se hace con los pernos, de los ganchos é *Y*, bien puestos.

Entonces se verifica la nivelacion, despues sacando los pernos que mantienen en posicion los ganchos. Con el instrumento en posicion normal se fija la cruz de los hilos en un punto distante, y, con mucho cuidado rotando el telescopio hasta que el tubo de nivel está arriba. La interseccion de los hilos, ó alambres, siempre debe estar sobre el mismo punto. Si uno de los hilos no está sobre el punto, es necesario traerlo la mitad de la distancia hacia el punto, por medio de los tornillos que se encuentran en los puntos del otro hilo, siempre tomando en cuenta si el instrumento tiene lentes invergentes ó erigientes, para determinar la direccion del movimiento de los tornillos.

Para probar que el tubo de nivel está paralelo al eje del telescopio, se lo nivela bien, saca los pernos y levanta los ganchos, y con mucho cuidado, levántase el telescopio de las *Y*'s, reponiendolo sobre ellas en posicion inversa. Si no han sido estorbados los *Y*'s la burbuja debe estar en el centro del tubo, como estaba antes. Si no es asi, entonces es necesario corregir la mitad del error por medio de las tuercas en un punto del tubo, y la otra mitad por medio de los tornillos verticales de nivelar.

Pueda ser que no se logre obtener el ajustamiento debido sin hacer las pruebas mas que una vez. Depues de terminar la operacion ultimamente descrita, el tubo de nivel está en un plano paralelo al plano horizontal del telescopio pero éso no quiere decir que están paralelos, uno al otro. Siempre

dejando sueltos los ganchos de arriba, se verifica la nivelacion y da vuelta al telescopio hacia un lado de la barra de bronce que sostiene a las *Y*'s. Si la burbuja se mueve es porque no está paralelo al eje del telescopio, y se lo corrige por medio del tornillo del tubo que generalmente tiene cabeza de cabrestante, al lado del lente objectivo.

Despues de haber terminado todos los ajustamientos antes mencionados se puede cerrar los ganchos, meter los pernos, y niveler el instrumento, haciendolo sobre los tornillos par en par, si tiene cuatro, y dar vuelta de 180° en azimut, probando que está en ajustamiento si no se mueve la burbuja. Sin embargo, si se mueve, es necesario corregir la mitad del error aparente por medio de los tornillos de nivelar y la otra mitad por medio de las tuercas de cabrestante en un punto de la barra. La operacion debe ser repetida sobre el otro par de tornillos y continuada hasta que no se mueva la burbuja durante una revolucion entera. Falta solamente ahora, asegurarse que el lente del ojo está en el centro del campo de vista, corrigiéndolo de la manera descrita con referencia al tránsito, ó teodolito, si hay error.

Antes de aceptar el ajustamiento como si fuera perfecto es bueno repetir todas las pruebas para asegurarse que ninguna correccion ha causado error en otro sentido.

Los niveles comunmente llamados "Dumpy," que no son movibles en *Y*'s, son ajustados de otra manera, con la excepcion del hilo horizontal y la pieza del punto del ojo, que se hace en la misma forma usada para el teodolito y nivel *Y* (o de collares). Entonces se nivela el instrumento y prueba la nivelacion sobre un par de tornillos. La burbuja no debe cambiar de posicion en el centro del tubo, al dar una revolucion de 180° al telescopio. El cambio de posicion indica error, y es necesario corregir la mitad del error aparente por medio de los tornillos de nivelar y la otra mitad por medio de un tornillo de ajustamiento que se encuentra debajo de la barra, generalmente mas cerca al punto objetivo. Es menester repetir la operacion varias veces hasta que se puede dar una revolucion entera al telescopio sin afectar la burbuja.

El proximo paso es colocar dos estacas en lados opuestos, equidistante de, y en la misma línea con el instrumento. La distancia entre las estacas debe ser de cien hasta ciento cincuenta metros. La burbuja debe estar en el centro del

tubo. Porsupuesto el terreno elegido para hacer este ajustamiento será una planicie abierta y aproximadamente a nivel, y las dos estacas se clavan hasta que dan las mismas lecturas de elevacion. Entonces el instrumento se cambia y se coloca en la misma línea con las dos estacas pero atras de una de ellas. Es decir, las dos estaran en el mismo lado del nivelador, una distando, digamos, cuatro metros, y la otra ciento cuatro, o ciento cincuenta y cuatro, como sea la distancia entre ellas. Entonces es posible tomar las lecturas sobre las dos sin tocar al instrumento para nada. Si es posible separar el instrumento de la primera estaca nada mas que un metro, tanto mejor. Las lecturas deben ser iguales sobre las dos y si no lo son, se corrige casi todo el error por medio de la tuerca de cabeza de cabrestante encima del diafragma que sostiene los alambres ó hilos. Aunque está en mal estado el instrumento cuando sean colocadas las estacas, tendran la misma altura ellas, porque el error hubiera sido lo mismo para las dos. Este es debido al hecho de que fueron colocadas a la misma distancia del instrumento. Es necesario repetir la operacion hasta que uno obtiene las mismas lecturas sobre las estacas a pesar del cambio cualquiera en la posicion del instrumento, cuando esté terminado el ajustamiento. Es costumbre del autor verificar el ajustamiento de los otros dos instrumentos de esta manera tambien, o sea sobre estacas de igual elevacion. Es una prueba indisputable y aun es posible descubrir errores inherentes al instrumento que uno debe conocer aun que no se pueda arreglarlos.

Antes de usar el NIVEL DE MANO, o el CLINÓMETRO, es necesario averiguar si ha sido mal colocada la burbuja o el arco. Esta prueba se hace colocando el instrumento en una posicion firme sobre un poste, o trípode, y anotando si indica nivel, o inclinacion zero cuando se toma una vista sobre un punto distante, digamos, unos cincuenta metros, que ha sido colocado en la misma elevacion que el soporte, por medio del instrumento grande, o sea la *Y*. La correccion se puede hacer por medio de los tornillos que sujetan la burbuja, o cambiando el hilo, segun el tipo del instrumento. Son sumamente sencillos los niveles de mano y la manera de arreglarlos probablemente parecerá claro a qualquiera que entiende los ajustamientos de los instrumentos grandes. Si la comision usa CADENA para medir, se debe tomar en cuenta que no se mantienen exactas

las medidas que marcan. Los eslabones allánanse, o se desgastan, y despues de algun uso la cadena generalmente está mas larga que lo que debe ser. Como el error no puede ser concentrado en un solo punto, sino distribuido sobre toda la cadena, no es posible correjirla exactamente para las medidas intermediarias, pero se puede correjirla para que la medida total se correcta y tomar la medidas parciales con una cinta de bolsillo, o de género, si esa no tiene errores. La comparacion de las cadenas se hace sobre una cinta de acero guardada en campamento, o si no se tiene, entónces se las compara sobre el estadal, o mira, así llamado.

El estadal ó mira no debe cambiarse en su uso normal, pero a veces el pedestal de metal está gastado, o los tornillos aflojados por estar mucho tiempo en el agua, y con mal trato es posible una variacion de tres ó cuatro milímetros. Para arreglarlo es necesario quitar el pedestal, clavar un perno de madera en los agujeros de los tornillos, y atornillarlo de nuevo en la posicion debida.

Las banderas, ó sea los palos usados por los cadeneros, y otros para dar o pedir línea, deben estar colgados por medio de un hilo en el centro del punto alto, dejándolos caer libremente, sin tocar el suelo. Entónces con el teodolito se puede revisarlos, dándolos vueltas para que sean visibles los lados, y determinar si el centro del palo en toda su extension coincide con la linea vertical indicada por la cruz de los hilos.

Antes de usar la regla grande, en los mapas, es necesario probarla, como sigue: Se marcan dos puntos *A* y *B*, en el mapa coincidentes cada uno con un punto de la regla. Conéctanse con el lápiz muy pegado a la regla, y entónces se cambia la regla de modo que el punto *A* en el mapa coincide con *B* en la regla, y punto *B* del mapa con *A* de la regla. Conecta los puntos con una raya que debe coincidir con la otra. Si no coincide no debe usarse la regla. No es posible corregirla en campaña.

En las cuatro esquinas de las cajas de los instrumentos, es conveniente colocar un pedazo de manguera comun, como las usadas para regar las jardines, fijándola a la caja por medio de clavos cortos metidos adentro de la manguera, para que no haya golpes al instrumento cuando se coloca la caja en el suelo.

Los tornillos que sujetan al instrumento no deben ser apre-

tados cuando está en la caja. Al contrario deben estar un poco sueltos para que el instrumento se mueva un poco si hay golpes a la caja o si, por accidente, cae. El tornillo que sujeta a la aguja, sí debe estar bien apretado. Nunca deben meter el instrumento en la caja sin haber cerrado la portecilla que cubre el lente de ojo, y colocado la capa que cubre el lente objetivo. Cuando se viaja en carro de animales un empleado, o el injeniero, debe llevar el instrumento sobre las rodillas, o no dejarlo en el fondo del carro para ser pateado o rebotado por alguna persona descuidada. Es necesario protegerlo siempre de la lluvia y la humedad, porque el agua, aun en pequeñissima cantidad, empaña los lentes, afloja los hilos, y facilita la colocacion de polvo que daña instrumento. Si se usa aceite en las partes del instrumento, interior ó exterior, ésta tambien colecta el polvo y hace difícil el funcionamíento. Es mejor usar grafita en vez de aceite, obteniéndola de un lápiz bueno. Y sobre todo uno tiene que recordar que un instrumento se hace de metales que cambian de dimensiones con el cambio de temperatura, y bien puede parecer que está en ajustamiento en la mañana, y en la tarde nó. Pero eso no quiere decir que se debe ajustar dos veces por dia. Mas bien quiere decir que no debe ajustarse sino cuando es absolutamente necesario, haciendo las operaciones en dos sentidos, si está malo, y así eliminando el error, hasta que el error de ajustamiento es tanto que afecta a la veracidad de los estudios, ó quita demasiado tiempo al ingeniero en hacer tantas operaciones dos veces. Lo que desgasta al instrumento son los ajustamientos y accidentes mas que el uso, y si el buen ingeniero quiere aprovechar todo lo posible de su instrumento, debe cuidarlo mucho. La mejor indicacion de un ingeniero descuidado es un instrumento en mal estado, o uno que ha sido ajustado tantas veces que los tornillos se muevan con dificultad, sucios, y con las roscas cortadas.

El hilo de plomada usado con el teodolito debe ser de seda, de la clase usado para hacer lienzas para pescadores, para no perder tiempo en cambiar y enderezarlo. Los ángulos deben ser leidos siempre sobre el mismo vernier, pues generalmente hay dos, marcados *A* y *B*, respectivamente, y no es raro que difera medio minuto. Resulta que uno puede equivocarse medio minuto facilmente, si cambia el vernier. Tambien debe el injeniero usar el mismo ojo, porque extraña como suena,

hay pocas personas que tienen ojos que son gemelos, o sea igual en poder, ángulo, y colocacion con referencia a lo demas de la cara.

Cuando uno coloca el tránsito, es bueno poner dos piernas a un lado de la linea y una al otro lado, para que los cadeneros puedan medir sin tocar el trípode.

Las patas del trípode deben ser metidas lo mas firmes que sea posible, antes de nivelar el instrumento, pues de otro modo seria necesario nivelarlo otra vez, perdiendo la elevacion de nivel, o la posicion del teodolito sobre la línea. Para cuidar bien el instrumento, y no perder tiempo, el mismo ingeniero debe llevarlo entre los puntos occupados. Cierto es que es costumbre en algunas partes tener un empleado que no hace mas que llevar el instrumento de cada uno de un punto a otro, pero estos empleados no tienen interes en aumentar el trabajo hecho en el dia, andan despacio, y pierden tiempo. Ademas, no saben cuidarlo y si se les deja colocar el instrumento sobre los puntos, dañan el instrumento ademas de perder mucho mas tiempo. Ademas, aumentan todos los gastos de sueldos, carpas para protegerles, comestibles, y administracion. A veces, durante, el dia, es posible que uno de los obreros ayudan a un ingeniero, pero no deben hacer practica tener un portador de instrumento, para cada uno, si no son sumamente baratos los obreros y muy cuidadosos.

I.—CONVERSION DE MEDIDAS Y PESOS

Largura

1 millimetro (mm.) = 0.03937 pulgada	1 pulgada = 25.4001 millimetros
1 centimetro (cm.) = 0.3937 pulgada	1 pulgada = 2.54001 centimetros
1 metro (m.) = 3.28083 pies	1 pie = 0.304801 metro
1 metro = 1.093611 yardas	1 yarda = 0.914402 metro
1 kilometro (km.) = 0.62137 milla	1 milla = 1.60935 kilometros
1 vara española = 32.992 pulgadas inglesas	

Area

1 mm. cuadrado = 0.00155 pulg. cuad.	1 pulg. cuad. = 645.16 mm. cuadrados
1 centimetro cuadrado = 0.155 pulgada cuad.	1 pulg. cuadra = 6.452 cm. cuadrados
1 metro cuadrado = 10.764 pies cuadra	1 pie cuadra = 0.0929 metro cuadrado
1 metro cuadrado = 1.196 yardas cuadra	1 yarda cuadra = 0.8361 metro cuadrado
1 kilometro cuadrado = 0.3861 milla cuadra	1 milla cuadra = 2.59 kilometros cuadrados
1 hectarea = 2.471 acres	1 acre = 0.4047 hectarea.

Volumenes

1 cm. cubico = 0.061 pulgada cubica	1 pul. cubico = 16.3872 cu. cm.
1 metro cubico = 35.314 pies cubicas	1 pie cubico = 0.02832 metro cubico
1 metro cubico = 1.3079 yardas cubicas	1 yarda cubica = 0.7645 metro cubico

Capacidades

1 millilitro = 0.03381 onza liquida	1 onza liquida = 29. 574 millilitros
1 millilitro = 0.2705 dram	1 dram = 3.6967 millilitros
1 millilitro = 0.8115 scruple	1 scruple = 1.2322 millilitros
1 litro = 1.05668 quart liquida	1 quart liquida = 0.94636 litro
1 litro = 0.26417 galon	1 galon = 3.78543 litros
1 litro = 0.9081 quart seca	1 quart seca = 1.1012 litros
1 litro = 0.11351 peck	1 peck = 8.80982 litros
1 dekalitro = 1.1351 peck	1 peck = 0.881 dekalitro
1 hectolitro = 2.83774 bushel	1 bushel = 0.35239 hectolitro

Masas

1 gramo = 15.4324 granos	1 grano = 0.0648 gramo
1 gramo = 0.03527 onza avoird.	1 onza avoird. = 28.3495 gramos
1 gramo = 0.03215 onza troya	1 onza troya = 31.10348 gramos
1 kilogramo = 2.20462 libras avoird.	1 libra avoird. = 0.45359 kilogramo
1 kilogramo = 2.67923 libras troya	1 libra troya = 0.37324 kilogramo
1 libra española = 1.01465 libras avoir.	1 arroba = 25.366 libras avoirdupois

KILOGRAMOS A LIBRAS AVOIRDUPOIS (INGLESAS)

Kilos.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		2.2046	4.4092	6.6139	8.8185	11.0231	13.2277	15.4324	17.6370	19.8416
10	22.0462	24.2508	26.4555	28.6601	30.8647	33.0693	35.2740	37.4786	39.6832	41.8878
20	44.0924	46.2971	48.5017	50.7063	52.9109	55.1156	57.3202	59.5248	61.7294	63.9340
30	66.1387	68.3433	70.5479	72.7525	74.9572	77.1618	79.3664	81.5710	83.7756	85.9803
40	88.1849	90.3895	92.5941	94.7988	97.0034	99.2080	101.4126	103.6172	105.8219	108.0265
50	110.2311	112.4357	114.6404	116.8450	119.0496	121.2542	123.4589	125.6635	127.8681	130.0727
60	132.2773	134.4820	136.6866	138.8912	141.0958	143.3005	145.5051	147.7097	149.9143	152.1189
70	154.3236	156.5282	158.7328	160.9374	163.1421	165.3467	167.5513	169.7559	171.9605	174.1652
80	176.3698	178.5744	180.7790	182.9837	185.1883	187.3929	189.5975	191.8021	194.0068	196.2011
90	198.4160	200.6206	202.8253	205.0299	207.2345	209.4391	211.6437	213.8484	216.0530	218.2576

LIBRAS A KILOS

Libras.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
		0.45359	0.90718	1.36078	1.81437	2.26796	2.72155	3.17515	3.62874	4.08233
10	4.53592	4.98952	5.44311	5.89670	6.35029	6.80389	7.25748	7.71107	8.16466	8.61826
20	9.07185	9.52544	9.97903	10.43263	10.88622	11.33981	11.79340	12.24700	12.70059	13.15418
30	13.60777	14.06137	14.51496	14.96855	15.42214	15.87573	16.32933	16.78292	17.23651	17.69010
40	18.14370	18.59729	19.05088	19.50447	19.95807	20.41166	20.86525	21.31884	21.77244	22.22603
50	22.67962	23.13321	23.58681	24.04040	24.49399	24.94758	25.40118	25.85477	26.30836	26.76195
60	27.21555	27.66914	28.12273	28.57632	29.02992	29.48351	29.93710	30.39069	30.84429	31.29788
70	31.75147	32.20506	32.65865	33.11225	33.56584	34.01943	34.47302	34.92662	35.38021	35.83380
80	36.28739	36.74099	37.19458	37.64817	38.10176	38.55536	39.00895	39.46254	39.91613	40.36973
90	40.82332	41.27691	41.73050	42.18410	42.63769	43.09128	43.54487	43.99847	44.45206	44.90565

COMPARACION DE VARIAS TONELADAS Y LIBRAS

Tonelada de 2240 Lb.	Tonelada de 2000 Lb.	Tonelada Metrica.	Kilos.	Libras Avoirdupois	Libras Troya.
.89287	1	.90718	.37324	.822857	1
.98421	1.10231	1	.45359	1	1.21528
1	1.12000	1.01605	.74648	1.64571	2
1.78571	2	1.81437	.90718	2	2.43056
1.96841	2.20462	2	1	2.20462	2.67923
2	2.24000	2.03209	1.11973	2.46857	3
2.67857	3	2.72155	1.36078	3	3.64583
2.95262	3.30693	3	1.49297	3.29143	4
3	3.36000	3.04814	1.81437	4	4.86111
3.57143	4	3.62874	1.86621	4.11429	5
3.93683	4.40924	4	2	4.40924	5.35846
4	4.48000	4.06419	2.23945	4.93714	6
4.46429	5	4.53592	2.26796	5	6.07639
4.92103	5.51156	5	2.61269	5.76000	7
5	5.60000	5.08024	2.72155	6	7.29167
5.35714	6	5.44311	2.98593	6.58286	8
5.90524	6.61387	6	3	6.61387	8.03769
6	6.72000	6.09628	3.17515	7	8.50694
6.25000	7	6.35029	3.35918	7.40571	9
6.88944	7.71618	7	3.62874	8	9.72222
7	7.84000	7.11232	4	8.81849	10.71691
7.14286	8	7.25748	4.08233	9	10.93750
7.87365	8.81849	8	5	11.0231	13.39614
8	8.96000	8.12838	6	13.2277	16.07537
8.03571	9	8.16466	7	15.4324	18.75460
8.85786	9.92080	9	8	17.6370	21.43383
9	10.08000	9.14442	9	19.8416	24.11306

Un Dolar Americano es igual a $1.03627 (oro Argentino); $2.3552 (papel Argentina); $2.50, mas o menos (papel Boliviana); $1.8315 (milreis oro Brasiliero); $2.7397 (peso oro de Chile); $2.1505 (colones oro de Costa Rica); $2.0534 (sucres oro de Ecuador); $2.008 (oro Mexicano); $2.0549 (soles oro Peruano); $0.96712 (peso oro Uruguayo); fr., 5.1813; Mks., 4.2017.

TABLA II.—FORMULAS TRIGONOMETRICAS GENERALES

SOLUCION DE TRIANGULOS RECTOS

Requerido.	Dado.	Formulas.
$A,\ C,\ c$	$a,\ b,$	$\text{sen}\ A=\cos C=\frac{a}{b};\ c=\sqrt{(b+a)(b-a)}.$
$A,\ C,\ b$	$a,\ c$	$\tan A=\cot B=\frac{a}{c};\ b=\sqrt{a^2+c^2}.$
$C,\ b,\ c$	$A,\ a$	$C=90^\circ-A;\ c=a\cot A;\ b=a\,\text{cosec}\,A.$
$C,\ a,\ c$	$A,\ b$	$C=90^\circ-A;\ a=b\,\text{sen}\,A;\ c=b\,\text{cosen}\,A.$
$C,\ a,\ b$	$A,\ c$	$C=90^\circ-A;\ a=c\tan A;\ b=c\sec A.$

SOLUCION DE TRIANGULOS OBLIQUOS

Requerido.	Dado.	Formulas.
b	$A,\ B,\ a$	$b=\frac{a\,\text{sen}\,B}{\text{sen}\,A}.$
B	$A,\ a,\ b$	$\text{sen}\,B=\frac{b\,\text{sen}\,A}{a}.$
$\frac{1}{2}(A+B)$	$a,\ b,\ C$	$\frac{1}{2}(A+B)=\frac{1}{2}(180-C).$
$\frac{1}{2}(A-B)$	$a,\ b,\ C$	$\tan\frac{1}{2}(A-B)=\frac{a-b}{a+b}\tan\frac{1}{2}(A+B).$
A	$a,\ b,\ C$	$A=\frac{1}{2}(A+B)+\frac{1}{2}(A-B).$
B	$a,\ b,\ C$	$B=\frac{1}{2}(A+B)-\frac{1}{2}(A-B).$
A	$a,\ b,\ c$	If $s=\frac{1}{2}(a+b+c)$, $\text{sen}\,\frac{1}{2}A=\sqrt{\frac{(s-b)(s-c)}{bc}}.$
	$a,\ b,\ c$	$\cos\frac{1}{2}A=\sqrt{\frac{s(s-a)}{bc}},$
	$a,\ b,\ c$	$\tan\frac{1}{2}A=\sqrt{\frac{(s-b)(s-c)}{s(s-a)}},$
	$a,\ b,\ c$	$\text{sen}\,A=\frac{2\sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}}{bc}.$
Area	$a,\ b,\ c$	$\text{Area}=\sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}.$
Area	$A,\ b,\ c$	$\text{Area}=\frac{1}{2}bc\,\text{sen}\,A.$
Area	$A,\ B,\ c$	$\text{Area}=\frac{c^2\,\text{sen}\,A\,\text{sen}\,B}{2\,\text{sen}\,(A+B)}.$

TABLA II.—FORMULAS TRIGONOMETRICAS GENERALES —*Continuado*

FORMULAS DE FUNCIONES

$$\operatorname{sen} A = \sqrt{1-\cos^2 A} = \tan A \cos A.$$

$$\operatorname{sen} A = 2 \operatorname{sen} \tfrac{1}{2}A \cos \tfrac{1}{2}A.$$

$$\operatorname{sen} A = \frac{1}{\operatorname{cosec} A} = \sqrt{\tfrac{1}{2}(1-\cos 2A)}.$$

$$\cos A = \frac{1}{\sec A} = \sqrt{1-\operatorname{sen}^2 A} = \cot A \operatorname{sen} A.$$

$$\cos A = 1-2\sin^2 \tfrac{1}{2}A = 1-\operatorname{vers} A.$$

$$\cos A = \sqrt{\tfrac{1}{2}+\tfrac{1}{2}\cos 2A} = \cos^2 \tfrac{1}{2}A - \operatorname{sen}^2 \tfrac{1}{2}A.$$

$$\tan A = \frac{\operatorname{sen} A}{\cos A} = \sqrt{\sec^2 A - 1}.$$

$$\tan A = \frac{\sqrt{1-\cos^2 A}}{\cos A} = \frac{\sin 2A}{1+\cos 2A}.$$

$$\tan A = \frac{1}{\cot A} = \frac{1-\cos 2A}{\operatorname{sen} 2A}.$$

$$\cot A = \frac{1}{\tan A} = \frac{\cos A}{\operatorname{sen} A} = \sqrt{\operatorname{cosec}^2 A - 1}.$$

$$\cot A = \frac{\operatorname{sen} 2A}{1-\cos 2A} = \frac{1+\cos 2A}{\operatorname{sen} 2A}.$$

$$\sec A = \frac{1}{\cos A}.$$

$$\operatorname{cosec} A = \frac{1}{\operatorname{sen} A}.$$

$$\operatorname{vers} A = 1-\cos A = 2\operatorname{sen}^2 \tfrac{1}{2}A.$$

$$\operatorname{exsec} A = \sec A - 1 = \frac{\operatorname{vers} A}{\cos A}.$$

$$\operatorname{sen} \tfrac{1}{2}A = \sqrt{\frac{1-\cos A}{2}} = \sqrt{\frac{\operatorname{vers} A}{2}}.$$

TABLA II.—FORMULAS TRIGONOMETRICAS GENERALES —*Continuado*

$$\cos \tfrac{1}{2}A = \sqrt{\frac{1+\cos A}{2}}.$$

$$\tan \tfrac{1}{2}A = \frac{\tan A}{1+\sec A} = \frac{1-\cos A}{\operatorname{sen} A} = \frac{\operatorname{sen} A}{1+\cos A}.$$

$$\cot \tfrac{1}{2}A = \frac{1+\cos A}{\operatorname{sen} A} = \frac{\operatorname{sen} A}{1-\cos A}.$$

$$\operatorname{sen} 2A = 2 \operatorname{sen} A \cos A.$$

$$\cos 2A = \cos^2 A - \operatorname{sen}^2 A = 2 \cos^2 A - 1.$$

$$\tan 2A = \frac{2 \tan A}{1-\tan^2 A}.$$

$$\cot 2A = \frac{\cot^2 A - 1}{2 \cot A}.$$

$$\operatorname{sen} (A \pm B) = \operatorname{sen} A \cos B \pm \cos A \operatorname{sen} B.$$

$$\cos (A \pm B) = \cos A \cos B \mp \operatorname{sen} A \operatorname{sen} B.$$

$$\tan (A \pm B) = \frac{\tan A \pm \tan B}{1 \mp \tan A \tan B}.$$

$$\operatorname{sen} A + \operatorname{sen} B = 2 \operatorname{sen} \tfrac{1}{2}(A+B) \cos \tfrac{1}{2}(A-B).$$

$$\operatorname{sen} A - \operatorname{sen} B = 2 \cos \tfrac{1}{2}(A+B) \operatorname{sen} \tfrac{1}{2}(A-B).$$

$$\cos A + \cos B = 2 \cos \tfrac{1}{2}(A+B) \cos \tfrac{1}{2}(A-B).$$

$$\cos B - \cos A = 2 \operatorname{sen} \tfrac{1}{2}(A+B) \operatorname{sen} \tfrac{1}{2}(A-B).$$

$$\operatorname{sen}^2 A - \operatorname{sen}^2 B = \cos^2 B - \cos^2 A = \operatorname{sen} (A+B) \operatorname{sen} (A-B).$$

$$\cos^2 A - \operatorname{sen}^2 B = \cos (A+B) \cos (A-B).$$

$$\tan A \pm \tan B = \frac{\operatorname{sen} (A \pm B)}{\cos A \cos B}.$$

$$\cot A \pm \cot B = \frac{\pm \operatorname{sen} (A \pm B)}{\operatorname{sen} A \operatorname{sen} B}.$$

TABLA III.—RADII DE CURVAS—CUERDA VEINTE METROS (*D*—GRADO)

$$\left(\text{Radius} = \frac{10}{\text{sen } 0.5D}\right)$$

D.	*R.*	*D.*	*R.*	*D.*	*R.*	*D.*	*R.*
0° 00′	∞	2°00′	572.99	4° 00′	286.54	6° 00′	191.07
2	34377.47	2	563.59	2	284 17	2	190.02
4	17188.74	4	554.51	4	281.84	4	188.98
6	11459.16	6	545.70	6	279.55	6	187.94
8	8594.37	8	537.18	8	277.30	8	186.92
10	6875.50	10	528.92	10	275.08	10	185.91
12	5729.56	12	520.90	12	272.90	12	184.92
14	4911.08	14	513.13	14	270.75	14	183.93
16	4297.19	16	505.58	16	268.63	16	182.95
18	3819.72	18	498.26	18	266.55	18	181.98
20	3437.76	40	491.14	20	264.51	20	181.03
22	3125.22	22	484.22	22	262.49	22	180.08
24	2864.80	24	477.50	24	260.50	24	179.14
26	2644.42	26	470.96	26	258.54	26	178.22
28	2455.54	28	464.60	28	256.61	28	177.30
30	2291.84	40	458.40	30	254.71	30	176.39
32	2148.60	32	452.37	32	252.84	32	175.49
34	2022.21	34	446.50	34	251.00	34	174.60
36	1909.87	36	440.77	36	249.18	36	173.72
38	1809.35	38	435.20	38	247.39	38	172.85
40	1718.88	40	429.76	40	245.62	40	171.98
42	1637.03	42	424.45	42	243.88	42	171.13
44	1562.62	44	419.28	44	242.16	44	170.28
46	1494.68	46	414.23	46	240.47	46	169.45
48	1432.41	48	409.30	48	238.80	48	168.62
50	1375.11	50	404.48	50	237.16	50	167.79
52	1322.22	52	399.78	52	235.53	52	166.98
54	1273.25	54	395.19	54	233.93	54	166.18
56	1227.78	56	390.70	56	232.35	56	165.38
58	1185.44	58	386.31	58	230.79	58	164.59
1° 00′	1145.93	3° 00′	382.02	5° 00′	229.26	7° 00′	163.80
2	1108.97	2	377.82	2	227.74	2	163.03
4	1074.31	4	373.71	4	226.24	4	162.26
6	1041.76	6	369.70	6	224.76	6	161.50
8	1011.12	8	365.76	8	223.30	8	160.75
10	982.23	10	361.91	10	221.87	10	160.00
12	954.95	12	358.15	12	220.44	12	159.26
14	929.14	14	354.45	14	219.04	14	158.53
16	904.69	16	350.84	16	217.66	16	157.80
18	881.49	18	347.30	18	216.29	18	157.08
20	859.46	20	343.82	20	214.94	20	156.37
22	838.49	22	340.42	22	213.60	22	155.66
24	818.53	24	337.08	24	212.29	24	154.96
26	799.50	26	333.81	26	210.98	26	154.27
28	781.31	28	330.60	28	209.70	28	153.58
30	763.97	30	327.46	30	208.43	30	152.90
32	747.36	32	324.37	32	207.17	32	152.22
34	731.46	34	321.34	34	205.93	34	151.55
36	716.22	36	318.36	36	204.71	36	150.89
38	701.60	38	315.44	38	203.50	38	150.23
40	687.57	40	312.58	40	202.31	40	149.58
42	674.09	42	309.76	42	201.12	42	148.93
44	661.13	44	307.00	44	199.95	44	148.29
46	648.66	46	304.28	46	198.80	46	147.66
48	636.65	48	301.62	48	197.66	48	147.03
50	625.07	50	298.99	50	196.53	50	146.40
52	613.91	52	296.41	52	195.41	52	145.78
54	603.14	54	293.88	54	194.31	54	145.17
56	592.74	56	291.39	56	193.22	56	144.56
58	582.70	58	288.94	58	192.14	58	143.95

TABLA III.—RADII DE CURVA—CUERDA VEINTE METROS (*D* GRADO) *Cont.*

D.	*R.*	*D.*	*R.*	*D.*	*R.*	*D.*	*R.*
8° 00′	143.36	10° 00′	114.74	12° 00′	95.67	14° 00′	82.05
2	142.76	2	114.36	2	95.40	2	81.86
4	142.17	4	113.98	4	95.14	4	81.67
6	141.59	6	113.60	6	94.88	6	81.48
8	141.01	8	113.23	8	94.62	8	81.28
10	140.44	10	112.86	10	94.36	10	81.09
12	139.87	12	112.49	12	94.11	12	80.90
14	139.90	14	112.13	14	93.85	14	80.72
16	138.74	16	111.76	16	93.60	16	80.53
18	138.18	18	111.40	18	93.34	18	80.34
20	137.63	20	111.05	20	93.09	20	80.16
22	137.08	22	110.69	22	92.84	22	79.97
24	136.54	24	110.34	24	92.59	24	79.79
26	136.00	26	109.99	26	92.35	26	79.60
28	135.47	28	109.63	28	92.10	28	79.42
30	134.94	30	109.29	30	91.86	30	79.24
32	134.41	32	108.94	32	91.61	32	79.06
34	133.89	34	108.60	34	91.37	34	78.88
36	133.37	36	108.26	36	91.13	36	78.70
38	132.86	38	107.92	38	90.89	38	78.52
40	132.35	40	107.58	40	90.65	40	78.34
42	131.84	42	107.25	42	90.41	42	78.17
44	131.34	44	106.92	44	90.18	44	77.99
46	130.84	46	106.59	46	89.94	46	77.82
48	130.35	48	106.26	48	89.71	48	77.64
50	129.85	50	105.93	50	89.48	50	77.47
52	129.37	52	105.61	52	89.25	52	77.30
54	128.88	54	105.29	54	89.02	54	77.12
56	128.40	56	104.97	56	88.79	56	76.95
58	127.93	58	104.65	58	88.56	58	76.78
9° 00′	127.45	11° 00′	104.33	13° 00′	88.34	15° 00′	76.61
2	126.99	2	104.02	2	88.11	10	75.78
4	126.52	4	103.71	4	87.89	20	74.96
6	126.06	6	103.40	6	87.67	30	74.16
8	125.60	8	103.09	8	87.44	40	73.37
10	125.14	10	102.78	10	87.22	50	72.60
12	124.69	12	102.48	12	87.00	16° 00′	71.85
14	124.24	14	102.17	14	86.79	10	71.12
16	123.79	16	101.87	16	86.57	20	70.40
18	123.35	18	101.57	18	86.35	30	69.69
20	122.91	20	101.28	20	86.14	40	69.00
22	122.48	22	100.98	22	85.92	50	68.32
24	122.04	24	100.69	24	85.71	17° 00′	67.65
26	121.61	26	100.39	26	85.50	10	67.00
28	121.19	28	100.10	28	85.29	20	66.36
30	120.76	30	99.81	30	85.08	30	65.74
32	120.34	12	99.52	32	84.87	40	65.12
34	119.92	34	99.24	34	84.66	50	64.52
36	119.51	36	98.95	36	84.46	18° 00′	63.92
38	119.09	38	98.67	38	84.25	10	63.34
40	118.68	40	98.39	40	84.05	20	62.77
42	118.28	42	98.11	42	83.84	30	62.21
44	117.87	44	97.83	44	83.64	40	61.66
46	117.47	46	97.56	46	83.44	50	61.12
48	117.07	48	97.28	48	83.24	19° 00′	60.59
50	116.68	50	97.01	50	83.04	10	60.07
52	116.28	52	96.74	52	82.84	20	59.55
54	115.89	54	96.47	54	82.64	30	59.05
56	115.51	56	96.20	56	82.44	40	58.55
58	115.12	58	95.93	58	82.25	50	58.07
						20° 00′	57.59
						10	57.12
						20	56.65
						30	56.20

TABLA IV.—TANGENTES Y EXTERNALES A CURVA DE UN GRADO

(Cuerda Veinte Metros)

Ang. *I*.	Tan. *T*.	Ext. *E*.	Ang. *I*.	Tan *T*	Ext. *E*.	Ang. *I*.	Tan. *T*.	Ext. *E*.
0° 00′	0.00	0.000	6° 00	60.06	1.57	12° 00	120.44	6.31
10	1.67	0.007	10	61.73	1.66	10	122.13	6.49
20	3.33	0.015	20	63.40	1.75	20	123.81	6.67
30	5.00	0.022	30	65.07	1.85	30	125.50	6.85
40	6.67	0.029	40	66.74	1.94	40	127.19	7.04
50	8.33	0.037	50	68.42	2.04	50	128.87	7.22
1° 00	10.00	0.044	7° 00	70.09	2.14	13° 00	130.56	7.41
10	11.67	0.059	10	71.76	2.24	10	132.25	7.61
20	13.33	0.078	20	73.43	2.35	20	133.94	7.80
30	15.00	0.098	30	75.11	2.46	30	135.61	8.00
40	16.67	0.121	40	76.78	2.57	40	137.32	8.20
50	18.34	0.147	50	78.46	2.68	50	139.01	8.40
2° 00	20.00	0.175	8° 00	80.13	2.80	14° 00	140.70	8.61
10	21.67	0.205	10	81.81	2.92	10	142.39	8.81
20	23.34	0.238	20	83.48	3.04	20	144.09	9.02
30	25.01	0.273	30	85.16	3.16	30	145.78	9.23
40	26.67	0.310	40	86.83	3.29	40	147.47	9.45
50	28.34	0.350	50	88.51	3.41	50	149.17	9.67
3° 00	30.01	0.393	9° 00	90.19	3.54	15° 00	150.86	9.89
10	31.68	0.438	10	91.86	3.68	10	152.56	10.11
20	33.35	0.485	20	93.54	3.81	20	154.26	10.34
30	35.01	0.535	30	95.22	3.95	30	155.95	10.56
40	36.68	0.587	40	96.90	4.09	40	157.65	10.79
50	38.35	0.641	50	98.58	4.23	50	159.35	11.03
4° 00	40.02	0.698	10° 00	100.26	4.38	16° 00	161.05	11.26
10	41.69	0.758	10	101.94	4.52	10	162.75	11.50
20	43.35	0.820	20	103.62	4.67	20	164.45	11.74
30	45.02	0.884	30	105.30	4.83	30	166.15	11.98
40	46.69	0.951	40	106.98	4.98	40	167.85	12.23
50	48.36	1.02	50	108.66	5.14	50	169.56	12.48
5° 00′	50.03	1.09	11° 00	110.34	5.30	17° 00	171.26	12.73
10	51.70	1.17	10	112.02	5.46	10	172.96	12.98
20	53.37	1.24	20	113.71	5.63	20	174.67	13.24
30	55.04	1.32	30	115.39	5.79	30	176.38	13.49
40	56.71	1.40	40	117.07	5.96	40	178.08	13.75
50	56.38	1.49	50	118.76	6.14	50	179.79	14.02

TABLA IV.—TANGENTES Y EXTERNALES A CURVA DE UN GRADO

(Cuerda Veinte Metros—*Continuado*)

Ang. *I*.	Tan. *T*.	Ext. *E*.	Ang. *I*.	Tan. *T*.	Ext. *E*	Ang. *I*.	Tan. *T*.	Ext. *E*.
18° 00′	181.50	14.28	24° 00′	243.58	25.60	30° 00	307.06	40.42
10	183.21	14.55	10	245.32	25.96	10	308.84	40.88
20	184.92	14.82	20	247.06	26.33	20	310.62	41.35
30	186.63	15.10	30	248.80	26.70	30	312.42	41.82
40	188.34	15.37	40	250.56	27.07	40	314.20	42.39
50	190.05	15.65	50	252.30	27.45	50	316.00	42.77
19° 00	191.76	15.93	25° 00	254.04	27.82	31° 00	317.80	43.25
10	193.48	16.22	10	255.80	28.20	10	319.60	43.73
20	195.19	16.50	20	257.54	28.59	20	321.38	44.21
30	196.91	16.79	30	259.30	28.97	30	323.18	44.70
40	198.62	17.09	40	261.06	29.36	40	324.98	45.19
50	200.34	17.38	50	262.80	29.75	50	326.78	45.68
20° 00	202.06	17.68	26° 00	264.56	30.14	32° 00	328.60	46.18
10	203.78	17.98	10	266.32	30.54	10	330.40	46.68
20	205.50	18.28	20	268.08	30.94	20	332.20	47.18
30	207.22	18.58	30	269.84	31.34	30	334.00	47.68
40	208.94	18.89	40	271.60	31.74	40	335.82	48.19
50	210.66	19.20	50	273.36	32.15	50	337.62	48.70
21° 00′	212.38	19.51	27° 00	275.12	32.56	33° 00	339.44	49.21
10	214.12	19.83	10	276.88	32.97	10	341.36	49.73
20	215.84	20.15	20	278.64	33.39	20	343.06	50.25
30	217.56	20.47	30	280.40	33.81	30	344.88	50.77
40	219.28	20.79	40	282.18	34.23	40	346.70	51.30
50	221.02	21.12	50	283.94	34.65	50	348.52	51.83
22° 00′	222.74	21.45	28° 00	285.72	35.08	34° 00	350.34	52.36
10	224.48	21.78	10	287.48	35.51	10	352.16	52.89
20	226.20	22.11	20	289.26	35.94	20	354.00	53.43
30	227.94	22.45	30	291.02	36.38	30	355.82	53.97
40	229.68	22.79	40	292.80	36.81	40	357.64	54.51
50	231.40	23.13	50	294.58	37.26	50	359.48	55.06
23° 00′	233.14	23.48	29° 00	296.36	37.70	35° 00	361.32	55.61
10	234.88	23.82	10	298.14	38.15	10	363.14	56.16
20	236.62	24.17	20	299.92	38.59	20	364.98	56.72
30	238.36	24.53	30	301.70	39.05	30	366.82	57.27
40	240.10	24.88	40	303.48	39.50	40	368.66	57.84
50	241.84	25.24	50	305.26	39.96	50	370.50	58.40

TABLA IV.—TANGENTES Y EXTERNALES A CURVA DE UN GRADO

(Cuerda Veinte Metros—*Continuado*)

Ang. *I*.	Tan. *T*.	Ext. *E*.	Ang. *I*.	Ta. *T*.	Ext. *E*.	Ang. *I*.	Tan. *T*.	Ext. *E*.
36° 00	372.34	58.97	42° 00	439.88	81.53	48° 00′	510.20	108.44
10	374.18	59.54	10	441.80	82.21	10	512.20	109.30
20	376.02	60.12	20	443.72	82.90	20	514.20	110.10
30	377.88	60.69	30	445.62	83.59	30	516.20	110.90
40	379.72	61.27	40	447.54	84.29	40	518.20	111.72
50	381.58	61.86	50	449.46	85.00	50	520.22	112.55
37° 00	383.42	62.44	43° 00	451.40	85.70	49° 00′	522.24	113.40
10	385.28	63.03	10	453.32	86.41	10	524.24	114.22
20	387.14	63.63	20	455.24	87.11	20	526.26	115.06
30	389.00	64.22	30	457.18	87.83	30	528.28	115.90
40	390.86	64.82	40	459.12	88.55	40	530.30	116.75
50	392.72	65.42	50	461.04	89.27	50	532.32	117.60
38 00°	394.58	66.03	44° 00	462.98	89.99	50° 00′	534.36	118.46
10	396.44	66.64	10	464.92	90.72	10	536.38	119.32
20	398.30	67.25	20	466.86	91.45	20	538.42	120.18
30	400.18	67.86	30	468.82	92.19	30	540.46	121.05
40	402.04	68.48	40	470.76	92.92	40	542.50	121.92
50	403.92	69.10	50	472.70	93.67	50	544.54	122.80
39° 00	405.80	69.73	45° 00	474.66	94.41	51° 00′	546.58	123.68
10	407.68	70.36	10	476.62	95.16	10	548.52	124.56
20	409.56	70.99	20	478.56	95.91	20	550.68	125.45
30	411.44	71.62	30	480.52	96.67	30	552.74	126.34
40	413.32	72.26	40	482.48	97.43	40	554.78	127.23
50	415.20	72.90	50	484.46	98.19	50	556.84	128.13
40° 00	417.08	73.54	46° 00	486.42	98.96	52° 00′	558.90	129.03
10	418.98	74.19	10	488.38	99.73	10	560.98	129.94
20	420.86	74.84	20	490.36	100.50	20	563.04	130.85
30	422.76	75.49	30	492.34	101.28	30	565.12	131.76
40	424.66	76.15	40	494.30	102.06	40	567.18	132.68
50	426.54	76.81	50	496.28	102.85	50	569.26	133.60
41° 00	428.44	77.48	47° 00	498.26	103.64	53° 00	571.34	134.53
10	430.34	78.14	10	500.24	104.43	10	573.42	135.46
20	432.24	78.81	20	502.24	105.22	20	575.50	136.39
30	434.16	79.49	30	504.22	106.02	30	577.60	137.33
40	436.06	80.16	40	506.22	106.83	40	579.68	138.28
50	437.98	80.84	50	508.20	107.63	50	581.78	139.22

TABLA IV.—TANGENTES Y EXTERNALES A CURVA DE UN GRADO
(Continuado)

Ang. *I*.	Tan. *T*.	Ext. *E*.	Ang. *I*.	Tan. *T*.	Ext. *E*.	Ang. *I*.	Tan. *T*.	Ext. *E*.
54° 00′	583.88	140.17	60° 00′	661.60	177.27	66° 00′	744.20	220.44
10	585.98	141.13	10	663.82	178.39	10	746.58	221.72
20	588.08	142.09	20	666.06	179.50	20	748.96	223.02
30	590.20	143.05	30	668.28	180.63	30	751.35	224.35
40	592.30	144.02	40	670.52	181.75	40	753.73	225.65
50	594.42	144.95	50	672.76	182.89	50	756.10	226.96
55° 00′	596.54	145.97	61° 00′	675.00	184.02	67° 00′	758.50	228.30
10	598.66	146.95	10	676.26	185.17	10	760.91	229.60
20	600.78	147.93	20	679.50	186.31	20	763.31	239.94
30	602.90	148.92	30	681.76	187.46	30	765.72	232.26
40	605.04	149.91	40	684.02	188.62	40	768.13	233.62
50	607.16	150.91	50	686.28	189.78	50	770.54	234.96
56° 00′	609.30	151.91	62° 00′	688.54	190.95	68° 00′	772.96	236.32
10	611.44	152.92	10	690.82	192.12	10	775.36	237.68
20	613.58	153.93	20	693.08	193.29	20	777.80	239.04
30	615.74	154.94	30	695.86	194.51	30	780.24	240.40
40	617.88	155.96	40	697.66	195.66	40	782.70	241.78
50	620.04	156.98	50	699.94	196.85	50	785.10	243.16
57° 00′	622.18	158.01	63° 00′	702.22	198.04	69° 00′	787.60	244.54
10	624.34	159.05	10	704.52	199.24	10	790.00	245.94
20	626.52	160.08	20	706.82	200.46	20	792.50	247.34
30	628.68	161.12	30	709.12	201.68	30	794.90	248.74
40	630.84	162.17	40	711.44	202.88	40	797.40	250.16
50	633.02	163.22	50	713.74	204.10	50	799.90	251.60
58° 00′	635.20	164.25	64° 00′	716.06	205.32	70° 00′	802.38	253.00
10	637.38	165.33	10	718.38	206.56	10	804.84	254.42
20	639.56	166.39	20	720.70	207.80	20	807.36	255.86
30	641.74	167.46	30	723.02	209.04	30	809.86	257.30
40	643.94	168.53	40	725.38	210.28	40	812.36	258.72
50	646.14	169.61	50	727.70	211.54	50	814.88	260.18
59° 00′	648.34	170.69	65° 00′	730.04	212.78	71° 00′	817.38	261.64
10	650.54	171.18	10	732.38	214.04	10	819.90	263.12
20	652.74	172.86	20	734.74	215.32	20	822.42	264.58
30	654.96	173.96	30	737.08	216.58	30	824.96	266.06
40	657.16	175.06	40	739.44	217.86	40	827.48	267.54
50	659.38	176.16	50	741.80	219.14	50	830.02	269.02

TABLA IV.—TANGENTES Y EXTERNALES A CURVA DE UN GRADO
(*Continuado*)

Ang. *I*.	Tan. *T*.	Ext. *E*.	Ang. *I*.	Tan. *T*.	Ext. *E*.	Ang. *I*.	Tan. *T*.	Ext. *E*.
72° 00′	832.56	270.52	78° 00′	928.00	328.60	84° 00′	1031.80	396.10
10	835.12	272.02	10	930.72	330.34	10	1034.82	398.14
20	837.70	273.52	20	933.48	332.10	20	1037.86	400.18
30	840.24	275.04	30	936.26	333.84	30	1040.88	402.22
40	842.80	276.56	40	939.34	335.62	40	1043.94	404.26
50	845.36	278.08	50	941.84	337.38	50	1046.98	406.30
73° 00′	847.94	279.60	79° 00′	944.64	339.16	85° 00′	1050.06	408.39
10	850.52	281.14	10	947.44	340.94	10	1053.12	410.48
20	853.12	282.70	20	950.24	342.74	20	1056.20	412.57
30	855.70	284.24	30	953.06	344.54	30	1059.28	414.66
40	858.30	285.80	40	955.88	346.34	40	1062.38	416.75
50	860.92	287.36	50	958.72	348.16	50	1065.48	418.84
74° 00′	863.52	288.92	80° 00′	961.54	350.00	86° 00′	1068.60	420.94
10	866.14	290.50	10	964.40	351.80	10	1071.72	423.06
20	868.76	292.08	20	967.24	353.65	20	1074.84	425.20
30	871.38	293.68	30	970.10	355.50	30	1078.98	427.34
40	874.02	395.28	40	972.96	357.35	40	1081.12	429.50
50	876.66	296.88	50	975.84	359.22	50	1084.28	431.68
75° 00′	879.30	298.48	81° 00′	978.72	361.08	87° 00′	1086.44	433.84
10	881.96	300.10	10	981.60	362.98	10	1090.62	436.04
20	884.62	301.72	20	984.50	364.87	20	1093.80	438.22
30	887.28	303.34	30	987.40	366.77	30	1096.98	440.44
40	889.94	304.98	40	990.30	368.67	40	1100.18	442.64
50	892.62	306.62	50	993.22	370.55	50	1103.40	444.86
76° 00′	895.30	308.28	82° 00′	996.14	372.45	88° 00′	1106.62	447.10
10	897.98	309.94	10	999.08	374.36	10	1109.84	449.34
20	900.68	311.60	20	1002.00	376.30	20	1113.08	451.60
30	903.38	313.26	30	1004.96	378.24	30	1116.32	453.86
40	906.08	314.94	40	1007.90	380.20	40	1119.56	456.12
50	908.80	316.62	50	1010.86	382.15	50	1112.84	458.50
77° 00′	911.50	318.32	83° 00′	1013.84	384.10	89° 00′	1126.10	460.70
10	914.24	320.02	10	1016.80	386.08	10	1129.38	463.00
20	916.96	321.72	20	1019.80	388.08	20	1132.68	465.32
30	919.70	323.42	30	1022.78	390.08	30	1135.98	467.64
40	922.44	325.14	40	1025.78	392.08	40	1139.28	479.96
50	925.20	326.88	50	1028.78	394.08	50	1142.60	472.30

TABLA IV.—TANGENTES Y EXTERNALES A CURVA DE UN GRADO

(*Continuado*)

Ang. *I*.	Tan. *T*.	Ext. *E*.	Ang. *I*.	Tan. *T*.	Ext. *E*.	Ang. *I*.	Tan. *T*.	Ext. *E*.
90° 00′	1145.93	474.75	96° 00′	1272.68	566.64	102° 00′	1415.10	674.98
10	1149.26	477.01	10	1276.42	569.40	10	1419.32	678.22
20	1152.62	479.41	20	1280.16	572.20	20	1423.56	681.54
30	1155.98	481.78	30	1283.90	575.00	30	1427.80	684.86
40	1159.34	484.18	40	1287.68	577.80	40	1432.06	688.18
50	1162.72	486.58	50	1291.46	580.62	50	1436.34	691.54
91° 00′	1166.10	488.98	97° 00′	1295.24	583.46	103° 00′	1440.64	694.88
10	1169.50	491.42	10	1299.04	586.32	10	1444.94	698.26
20	1172.92	493.86	20	1302.86	589.18	20	1449.26	701.64
30	1176.34	496.30	30	1306.68	592.06	30	1453.60	705.04
40	1179.76	498.76	40	1310.52	594.94	40	1457.96	708.48
50	1183.20	501.22	50	1314.38	597.84	50	1462.34	711.92
92° 00′	1186.64	503.70	98° 00′	1318.24	600.76	104° 00′	1466.72	715.56
10	1190.10	506.20	10	1322.12	603.68	10	1471.12	718.84
20	1193.58	508.70	20	1326.02	606.62	20	1475.56	722.32
30	1197.06	511.20	30	1329.92	609.58	30	1479.98	725.84
40	1200.54	513.72	40	1333.84	612.56	40	1484.44	729.36
50	1204.04	516.26	50	1337.76	615.54	50	1488.92	732.90
93° 00′	1207.56	518.80	99° 00′	1341.72	618.54	105° 00′	1493.40	736.46
10	1211.08	521.36	10	1345.68	621.54	10	1497.92	740.04
20	1214.62	523.94	20	1349.74	624.58	20	1502.44	743.64
30	1218.16	526.52	30	1353.62	627.62	30	1506.98	747.24
40	1221.72	529.10	40	1357.62	630.66	40	1511.54	750.88
50	1225.28	531.70	50	1361.64	633.74	50	1516.10	754.52
94° 00′	1228.26	534.32	100° 00′	1365.66	636.82	106° 00′	1520.70	758.20
10	1232.44	536.94	10	1379.70	639.92	10	1525.32	761.88
20	1236.04	539.58	20	1373.76	643.02	20	1529.94	765.58
30	1239.66	542.24	30	1377.84	646.16	30	1534.58	769.30
40	1243.28	544.90	40	1381.92	649.30	40	1539.26	773.04
50	1246.92	547.58	50	1386.02	652.46	50	1543.94	776.80
95° 00′	1250.56	550.26	101° 00′	1390.12	655.62	107° 00′	1548.64	780.58
10	1254.22	552.96	10	1394.26	658.82	10	1553.36	784.38
20	1257.88	555.66	20	1398.40	662.02	20	1558.10	788.18
30	1261.48	558.40	30	1402.54	665.22	30	1562.86	792.02
40	1265.26	561.10	40	1406.72	668.56	40	1567.62	795.88
50	1268.96	563.88	50	1410.90	671.70	50	1572.42	799.74

TABLA IV.—TANGENTES Y EXTERNALES A CURVA DE UN GRADO
(*Continuado*)

Ang. *I*.	Tan. *T*.	Ext. *E*.	Ang. *I*.	Tan. *T*.	Ext. *E*.	Ang. *I*.	Tan. *T*.	Ext. *E*.
108° 00′	1577.24	803.64	112° 00′	1698.92	903.32	116° 00′	1833.88	1016.54
10	1582.08	807.56	10	1704.26	907.76	10	1839.82	1021.58
20	1586.92	811.48	20	1709.62	912.22	20	1845.80	1026.66
30	1591.80	815.44	30	1715.00	916.68	30	1851.80	1031.76
40	1596.70	819.42	40	1720.42	921.20	40	1857.84	1036.90
50	1601.60	823.40	50	1725.86	925.72	50	1863.90	1042.06
109° 00′	1606.54	827.42	113° 00′	1731.32	930.26	117° 00′	1869.98	1047.24
10	1611.48	831.46	10	1736.80	934.84	10	1876.10	1052.46
20	1616.48	835.50	20	1742.30	939.44	20	1882.26	1057.72
30	1621.48	839.58	30	1747.84	944.06	30	1888.44	1063.00
40	1626.48	843.68	40	1753.40	948.72	40	1894.64	1068.30
50	1631.50	847.80	50	1758.98	953.38	50	1900.88	1073.64
110° 00′	1636.56	851.94	114° 00′	1764.58	958.08	118° 00′	1907.14	1079.02
10	1641.64	856.10	10	1770.20	962.82	10	1913.44	1084.42
20	1646.74	860.28	20	1775.86	967.56	20	1919.78	1089.84
30	1651.86	864.48	30	1781.54	972.34	30	1926.14	1095.30
40	1657.00	868.72	40	1787.26	977.14	40	1932.52	1100.80
50	1662.16	872.96	50	1793.00	981.98	50	1938.94	1106.34
111° 00′	1667.34	877.22	115° 00′	1798.76	986.82	119° 00′	1945.40	1111.88
10	1672.54	881.52	10	1804.54	991.72	10	1951.88	1117.48
20	1677.78	885.84	20	1810.34	996.62	20	1958.40	1123.10
30	1683.02	890.18	30	1816.18	1001.56	30	1964.96	1128.76
40	1688.30	894.54	40	1822.06	1006.52	40	1971.54	1134.46
50	1693.60	808.92	50	1827.96	1011.52	50	1978.16	1140.18

TABLAS V.—CORRECCIONES ADICIONALES A TABLA IV

(Los valores dados son en metros para curva de treinta grados. Para cualquier otro radio el valor es proporcional)

Ang. I........	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	100°	110°	120°
Tan *T*........	.04	.08	.12	.16	.20	.25	.31	.37	.44	.52	.63	.76
Ext. *E*........	.002	.007	.016	.028	.045	.068	.097	.14	.18	.24	.33	.44

TABLA VI.—SUPERELEVACION PARA RIEL EXTERIOR (Metros)

(Estos valores son para trocha de un metro. Otras trochas en proporcion)

Grado *D*	Velocidad del Tren en Kilometros por Hora.									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1	0.001	0.003	0.006	0.011	0.017	0.025	0.034	0.044	0.056	0.069
2	.001	.006	.012	.022	.034	.049	.067	.088	.111	.137
3	.002	.008	.019	.033	.052	.074	.101	.132	.167	.206
4	.003	.011	.025	.044	.069	.099	.135	.176	.223	.275
5	.004	.014	.031	.055	.086	.148	.168	.220		
6	.004	.017	.037	.066	.103	.198	.202			
7	.005	.019	.043	.077	.120					
8	.006	.022	.050	.088	.137					
9	.006	.025	.056	.099	.155					
10	.007	.028	.062	.110	.172					
11	.008	.030	.068	.121	.189					
12	.008	.033	.074	.132	.206					
13	.009	.036	.081	.143						
14	.010	.039	.087	.154						
15	.011	.041	.093	.165						
16	.011	.044	.099	.176						
17	.012	.047	.105	.187						
18	.013	.050	.112	.198						
19	.013	.052	.118	.209						
20	.014	.055	.124	.220						

TABLA VII.—ORDENADOS MEDIOS PARA CURVAR CARRILES (EN METROS)

Grado de Curva.	Largo de Carril en Pies y Metros.													
	33	32	30	28	26	24	22	20	18	16	14	12	10	Pies
	10.060	9.755	9.146	8.536	7.927	7.317	6.707	6.098	5.486	4.877	4.267	3.658	3.048	Metros
0° 30′	0.0056	0.0052	0.0046	0.0040	0.0034	0.0029	0.0025	0.0020	0.0016	0.0013	0.0010	0.0007	0.0005	
1 00	0.0111	0.0105	0.0092	0.0079	0.0069	0.0059	0.0049	0.0041	0.0033	0.0026	0.0020	0.0015	0.0010	
1 30	0.0164	0.0155	0.0136	0.0119	0.0103	0.0088	0.0074	0.0061	0.0049	0.0039	0.0030	0.0022	0.0015	
2 00	0.0220	0.0207	0.0182	0.0159	0.0137	0.0117	0.0098	0.0081	0.0066	0.0052	0.0040	0.0029	0.0020	
2 30	0.0276	0.0259	0.0228	0.0199	0.0171	0.0146	0.0123	0.0101	0.0082	0.0065	0.0050	0.0036	0.0025	
3 00	0.0331	0.0312	0.0274	0.0238	0.0206	0.0175	0.0147	0.0122	0.0099	0.0078	0.0060	0.0044	0.0030	
3 30	0.0387	0.0364	0.0320	0.0278	0.0240	0.0204	0.0172	0.0142	0.0115	0.0091	0.0070	0.0051	0.0035	
4 00	0.0443	0.0416	0.0366	0.0318	0.0274	0.0234	0.0196	0.0162	0.0131	0.0104	0.0079	0.0058	0.0041	
4 30	0.0496	0.0466	0.0410	0.0358	0.0308	0.0263	0.0221	0.0183	0.0148	0.0117	0.0089	0.0066	0.0046	
5 00	0.0552	0.0519	0.0456	0.0397	0.0343	0.0292	0.0245	0.0203	0.0164	0.0130	0.0099	0.0073	0.0051	
5 30	0.0607	0.0571	0.0502											
6 00	0.0663	0.0623	0.0548											
6 30	0.0719	0.0676	0.0594											
7 00	0.0774	0.0728	0.0640											
7 30	0.0827	0.0778	0.0684											
8 00	0.0883	0.0830	0.0730											
8 30	0.0939	0.0883	0.0776											
9 00	0.0994	0.0935	0.0822											
9 30	0.1050	0.0987	0.0870											
10 00	0.1106	0.1040	0.0914											

Formula:

$$(20^{m})^2 : c^2 :: m : m_1$$

$$\therefore \quad m_1 = \frac{c^2 m}{400}$$

El ordinado medio de cualquier arco $= m$;
La cuerda del arco correspondiente $= c$;
El radio del arco correspondiente $= R$.

$$m = \frac{c^2}{8R}.$$

TABLA VIII.—CURVAS ESPIRALES

TABLA ½ METRICO

Grado de Curva Central.	D.	Logaritmo D.	t.	Angulo Total en cada espiral.	$d = D -$ Radio de Curva Central.	Cuerda Mayor desde P.C. Espiral hasta C.C. Curva Central.	Radii Curvas Cuerda 20 Metros.	
							Grado.	Radio.
0° 30′	2291.843	3.360185	5.000	0° 07½′	0.005	10.000	0° 15′	4583.666
0° 45′	1527.920	3.184101	10.000	0° 22½′	0.021	20.000	0° 30′	2291.838
1° 00′	1145.984	3.059179	15.000	0° 45′	0.054	30.000	0° 45′	1527.899
1° 15′	916.860	2.962303	20.000	1° 15′	0.109	39.999	1° 00′	1145.930
1° 30′	764.157	2.883183	24.999	1° 52½′	0.191	49.999	1° 15′	916.751
1° 45′	655.140	2.816334	29.997	2° 87½′	0.306	59.996	1° 30′	763.966
2° 00′	573.446	2.758493	34.994	3° 30′	0.459	69.991	1° 45′	654.834
2° 15′	509.983	2.707556	39.989	4° 30′	0.655	79.981	2° 00′	572.987
2° 30′	459.303	2.662099	44.981	5° 37½′	0.900	89.966	2° 15′	509.328
2° 45′	417.937	2.621111	49.969	6° 52½′	1.200	99.941	2° 30′	458.403
3° 00′	383.575	2.583850	54.951	8° 15′	1.559	109.906	2° 45′	416.737
							3° 00′	382.016

TABLA ⅛.—ESPIRALES—CAMBIANDO 0° 15′ CADA DIEZ METROS

Instrumento Sobre.	Deflecciones *A*											
	P.C. 0° 15′	C.C. 0° 30′	C.C. 0° 45′	C.C. 1° 00′	C.C. 1° 15′	C.C. 1° 30′	C.C. 1° 45′	C.C. 2° 00′	C.C. 2° 15′	C.C. 2° 30′	C.C. 2° 45′	C.C. 3° 00′
P.C. 0° 15′	......	0° 03¾′	0° 09⅓′	0° 17⅓′	0° 28¼′	0° 41¼′	0° 57′	1° 15′	1° 35¾′	1° 58¾′	2° 24⅓′	2° 52⅓′
C.C. 0 30	0° 03¾′	......	0 07⅓	0 17	0 28¾	0 43¼	1 00	1 19⅓	1 41¼	2 05¾	2 32½	3 02
C.C. 0 45	0 13	0 07⅓	......	0 11¼	0 24⅓	0 40	0 58¼	1 18¾	1 42	2 07⅓	2 35¾	3 06¼
C.C. 1 00	0 27½	0 20⅓	0 11½	......	0 15	0 32	0 51¼	1 13¼	1 37⅓	2 04⅓	2 33¾	3 05¾
C.C. 1 15	0 46¾	0 38¼	0 28	0 15	......	0 18¾	0 39⅓	1 02⅓	1 28¼	1 56½	2 27	3 00
C.C. 1 30	1 11½	1 01¾	0 50	0 35⅓	0 18¾	......	0 22⅓	0 47	1 13¾	1 43¼	2 15	2 49⅓
C.C. 1 45	1 40⅓	1 30	1 16¼	1 01¼	0 43	0 22⅓	......	0 26¼	0 54⅓	1 25	1 58¼	2 33¾
C.C. 2 00	2 15	2 03	1 48¾	1 31¾	1 12⅓	0 50⅓	0 26½	......	0 30	1 02	1 36¼	2 13¼
C.C. 2 15	2 54¼	2 41¼	2 25⅓	2 07⅓	1 46¾	1 23¾	0 58	0 30	......	0 33¾	1 09⅓	1 47⅓
C.C. 2 30	3 38¼	3 24¼	3 07⅓	2 48	2 26¼	2 01¾	1 35	1 05⅓	0 33¾	......	0 37⅓	1 17
C.C. 2 45	4 28	4 12⅓	3 54¼	3 33¾	3 10⅓	2 45	2 16¾	1 46¼	1 13	0 37½	......	0 41¼
C.C. 3 00	5 22⅓	5 05⅓	4 46¼	4 24¼	4 00	3 33	3 03¼	2 31¾	1 57⅓	1 20⅓	0 41¼	

TABLA VIII.—CURVAS ESPIRALES—*Continuado*

TABLA I.—METRICA

I = angulo entre tangentes.
Distancia entre centro de Curva al punto interseccion

$$= D \text{ exsec } \frac{I}{2} + d.$$

Distancia desde P.C. a P.I.

$$= D \tan \frac{I}{2} + t.$$

Grado de Curva Central.	D.	Logaritmo D.'	t.	Angulo Total en cada Espiral.	d = D − Radio de Curva Central.	Cuerda Mayor desde P.C., Espiral hasta C.C. Curva Central.	Radii Curvas Cuerda 20 Metros. Grado.	Radii Curvas Cuerda 20 Metros. Radio.
1° 00′	1145.940	3.059162	5.000	0° 15′	0.010	10.000	0° 30′	2291.840
1 30	764.013	2.883101	10.000	0 45	0.046	20.000	1 00	1145.930
2 00	573.098	2.758229	14.999	1 30	0.111	30.000	1 30	763.967
2 30	458.617	2.661450	19.997	2 30	0.214	39.997	2 00	572.987
3 00	382.401	2.582519	24.993	3 45	0.385	49.992	2 30	458.403
3 30	328.070	2.515967	29.985	5 15	0.615	59.981	3 00	382.016
4 00	287.455	2.458570	34.972	7 00	0.918	69.959	3 30	327.455
4 30	256.017	2.408269	39.951	9 00	1.304	79.920	4 00	286.537
5 00	231.056	2.363717	44.916	11 15	1.800	89.857	4 30	254.713
5 30	210.823	2.323918	49.867	13 45	2.395	99.759	5 00	229.256
6 00	194.178	2.288200	54.798	16 30	3.105	109.615	5 30	208.428
6 30	180.340	2.256092	59.698	19 30	3.951	119.410	6 00	191.073
7 00	168.729	2.227190	64.567	22 45	4.925	129.125	6 30	176.3°9
							7 00	163.804

TABLA I.—ESPIRALES—CAMBIANDO 0° 30′ CADA DIEZ METROS

Instrumento Sobre.	Deflecciones A													
	P.C. 0° 30′	C.C. 1° 00′	C.C. 1° 30′	C.C. 2° 00′	C.C. 2° 30′	C.C. 3° 00′	C.C. 3° 30′	C.C. 4° 00′	C.C. 4° 30′	C.C. 5° 00′	C.C. 5° 30′	C.C. 6° 00′	C.C. 6° 30′	C.C. 7° 00′
P.C. 0° 30′	.....	0° 07½′	0° 18⅓′	0° 35¼′	0° 56⅓′	1° 22¼′	1° 54′	2° 30¼′	3° 11¼′	3° 57¼′	4° 48¾′	5° 44¾′	6° 45¾′	7° 52′
C.C. 1 00	0° 07½′	.....	0 15	0 33⅓	0 57¾	1 26⅓	1 59¾	2 39	3 22¾	4 11¼	5 04¾	6 03¾	7 07¼	8 15¾
C.C. 1 30	0 26⅓	0 15	.....	0 22⅓	0 48⅓	1 20½	1 56⅓	2 37½	3 24	4 15½	5 11¼	6 12¼	7 18¾	8 29¾
C.C. 2 00	0 54¾	0 41⅓	0 22⅓	.....	0 30	1 03⅓	1 42¾	2 26⅓	3 14¾	4 09	5 07¾	6 11¼	7 19¾	8 33¾
C.C. 2 30	1 33⅓	1 17½	0 56⅓	0 30	.....	0 37⅓	1 18⅓	2 05½	2 56⅓	3 52½	4 54	6 00½	7 11¼	8 27½
C.C. 3 00	2 22¾	2 03⅓	1 39¾	1 11⅓	0 37⅓	.....	0 45	1 33⅓	2 27¾	3 26⅓	4 29¾	5 39	6 52¾	8 11½
C.C. 3 30	3 21	3 00½	2 33⅓	2 02½	1 26⅓	0 45	.....	0 52⅓	1 48⅓	2 50½	3 56⅓	5 07½	6 24	7 45½
C.C. 4 00	4 29¾	4 06	3 37¾	3 03⅓	2 24¾	1 41⅓	0 52⅓	.....	1 00	2 03⅓	3 12¾	4 26⅓	5 44¾	7 09
C.C. 4 30	5 48¾	5 22½	4 51	4 15½	3 33⅓	2 47½	1 56⅓	1 00	.....	1 07⅓	2 18⅓	3 35½	4 56⅓	6 22½
C.C. 5 00	7 17¾	6 48¾	6 14¾	5 36′	4 52¾	4 03⅓	3 09¾	2 11⅓	1 07⅓	.....	1 15	2 33⅓	3 57¾	5 26⅓
C.C. 5 30	8 56½	8 25½	7 48¾	7 07½	6 21	5 30½	4 33⅓	3 32½	2 26⅓	1 15	.....	1 22⅓	2 48⅓	4 20½
C.C. 6 00	10 45½	10 11½	9 32¾	8 48¾	7 59¾	7 06	6 07¾	5 03⅓	3 54¾	2 41⅓	1 22⅓	....	1 30	3 03⅓
C.C. 6 30	12 44¾	12 07¾	11 26½	10 40½	9 48¾	8 52½	7 51	6 45½	5 33⅓	4 17½	2 56⅓	1 30	....	1 37⅓
C.C. 7 00	14 53	14 14½	13 30½	12 41½	11 47¾	10 48¾	9 44¾	8 36	7 22¾	6 03⅓	4 39¾	3 11⅓	1 37⅓	

TABLA VIII.—CURVAS ESPIRALES—*Continuado*

TABLA 2.—METRICA

Grado de Curva Central.	*D*.	Logaritmo *D*.	*t*.	Angulo Total en cada Espiral.	$d = D -$ Radio de Curva Central.	Cuerda Mayor desde P.C. Espiral hasta C.C. Curva Central.	Radii Curvas Cuerda 20 Metros. Grado.	Radii Curvas Cuerda 20 Metros. Radio.
2° 00′	573.009	2.758161	5.000	0° 30′	0.022	10.000	1° 00′	1145.930
3 00	382.101	2.582178	9.999	1 30	0.087	20.000	2 00	572.987
4 00	286.755	2.457511	14.996	3 00	0.218	29.998	3 00	382.014
5 00	229.692	2.361146	19.988	5 00	0.436	39.990	4 00	286.537
6 00	191.836	2.282930	24.972	7 30	0.763	49.969	5 00	229.256
7 00	165.024	2.217547	29.941	10 30	1.220	59.923	6 00	191.073
8 00	145.183	2.161916	34.888	14 00	1.827	69.834	7 00	163.804
9 00	130.060	2.114144	39.802	18 00	2.605	79.679	8 00	143.356
10 00	118.305	2.073003	44.671	22 30	3.574	89.428	9 00	127.455
							10 00	114.735

TABLA 2.—ESPIRALES—CAMBIANDO 1° 00′ CADA DIEZ METROS

Instrumento Sobre.	Deflecciones *A*									
	P.C. 1° 00′	C.C. 2° 00′	C.C. 3° 00′	C.C. 4° 00′	C.C. 5° 00′	C.C. 6° 00′	C.C. 7° 00′	C.C. 8° 00′	C.C. 9° 00′	C.C. 10° 00′
P.C. 1° 00′	....	0° 15′	0° 37½′	1° 09¾′	1° 52½′	2° 45′	3° 47½′	5° 00′	6° 22¼′	7° 54½′
C.C. 2 00	0° 15′	....	0 30	1 07½	1 54¾	2 52½	4 00	5 17½	6 45	8 22¼
C.C. 3 00	0 52½	0 30	....	0 45	1 37½	2 39¾	3 52½	5 15	6 47½	8 30
C.C. 4 00	1 50¼	1 22½	0 45	....	1 00	2 07½	3 24¾	4 52½	6 30	8 17½
C.C. 5 00	3 07½	2 35¼	1 52½	1 00	....	1 15	2 37½	4 09¾	5 52½	7 45
C.C. 6 00	4 45	4 07½	3 20¼	2 22½	1 15	....	1 30	3 07½	4 54¾	6 52½
C.C. 7 00	6 42½	6 00	5 07½	4 05¼	2 52½	1 30	....	1 45	3 37½	5 39¾
C.C. 8 00	9 00	8 12½	7 15	6 07½	4 50¼	3 22½	1 45	....	2 00	4 07½
C.C. 9 00	11 37¾	10 45	9 42½	8 30	7 07½	5 35¼	3 52½	2 00	....	2 15
C.C. 10 00	14 35½	13 37¾	12 30	11 12½	9 45	8 07½	6 20¼	4 22½	2 15	

TABLA VIII.—CURVAS ESPIRALES—*Continuado*

TABLA 3.—METRICA

Curva de Grado Central.	*D.*	Log. *D.*	*t.*	Angulo Total en cada Espiral.	$d = D -$ Rad. de Curva Central.	Cuerda Mayor desde P.C. Espiral hasta C.C. Curva Central.
5° 00′	229.311	2.3604249	4.999	1° 15′	0.055	10.000
7 30	153.116	2.1850206	9.993	3 45	0.213	19.997
10 00	115.282	2.0617615	14.974	7 30	0.545	29.981

TABLA 4.—METRICA

Grado de Curva Central.	*D.*	Log. *D.*	*t.*	Angulo Total en cada Espiral.	$d = D -$ Rad. de Curva Central.	Cuerda Mayor. desde P.C. Espiral hasta CC. Curva Centra
5° 00′	229.270	2.3603472	2.500	0° 37½′	0.014	5.000
7 30	152.953	2.1843580	4.998	1 52½	0.055	9.999
10 00	114.873	2.0602179	7.494	3 45	0.136	14.997

TABLA 3

Espirales Cambiando 2° 30′ Cada 10 Metros

Instrumento Sobre.	Deflecciones A			
	P.C. 2° 30′	C.C. 5° 00′	C.C. 7° 30′	C.C. 10° 00′
P.C. 2° 30′	....	0° 37½′	1° 33¾′	2° 55′
C.C. 5 00	0° 37½′	......	1 15	2 48¾
C.C. 7 30	2 11¼	1 15	....	1 52½
C.C. 10 00	4 35	3 26¼	1 52½	....

TABLA 4

Espirales Cambiando 2° 30′ Cada Cinco Met.

Instrumento Sobre.	Deflecciones A				Radii Curva Cuerda 20 Metros.	
	P.C. 2° 30′	C.C. 5° 00′	C.C. 7° 30′	C.C. 10° 00′	Grado.	Radio.
P.C. 2° 30′	......	0° 18¾′	0° 46⅞′	1° 27½′	2° 30′	458.403
C.C. 5 00	0 18¾	......	0 37½	1 24¾	5 00	229.256
C.C. 7 30	1 05½	0 37½	.....	0 56¼	7 30	152.896
C.C. 10 00	2 17½	1 43¼	0 56¼	......	10 00	114.737

SUPPLEMENTO A TABLA 3

Grado de Curva Central.	D.	Log. D.	t.	Angulo Total en cada Espiral.	d = D − Rad. de Curva Central.	Cuerda Mayor desde P.C. de Espiral hasta C.C. de Curva Central.	Deflección para Cuerda Mayor.	Cuerda Corta desde fin Espiral Tipica hasta Coneccion con Curva Central.	Deflección para Cuerda Corta.	Radii Curvas Cuerdas 20 Metros.
5° 30′	208.493	2.3190915	5.635	1° 45′	0.065	12.000	0° 46¼	2.000	0° 15	208.428
6 00	191.157	2.2813902	6.498	2 15	0.084	14.000	0 56¼	4.000	0 30	191.073
6 30	176.505	2.2467570	7.535	2 45	0.116	16.000	1 08⅜	6.000	0 45	173.389
7 00	163.964	2.2147465	8.710	3 15	0.160	17.998	1 21	8.000	1 00	163.804
8 00	143.603	2.1571635	10.742	4 30	0.247	21.996	1 47¾	2.000	0 22½	143.356
8 30	135.280	2.1310730	11.636	5 15	0.293	23.993	2 03⅛	4.000	0 45	134.937
9 00	127.812	2.1065716	12.653	6 00	0.357	25.990	2 19⅜	6.000	1 07½	127.455
9 30	121.202	2.0835098	13.770	6 45	0.441	27.986	2 37	8.000	1 30	120.761

En el trazo de curvas es preferible colocar el fin de espiral desde luego, por medio de la cuerda mayor, y despues los puntos intermediarios. Si la curva central no aparece en las tablas, siendo 6° 30′ digamos, con espiral 4, coloca C.C. 5° 00′ por cuerda mayor y deflección, luego tres metros de 5° 00′ hasta C.C. 6° 30′. Multiplica coseno angulo total de espiral extendida, por la diferencia de radio curva central y radio del ultimo arco parcial. Este valor es subtraido de *D* del ultimo arco tabular. La misma diferencia de radios por el seno del mismo angulo total se agrega al ultimo valor tabular de *t*. Sigue el metodo dado con estos valores corregidos.

TABLA VIII.—CURVAS ESPIRALES—*Continuado*

ESPIRALES

COORDINADOS DE P.C. A C.C.

TABLA ½.				TABLA 1.			
Grado Curva *C*	Def. para Cuerda Mayor.	Abs.	Ord.	Grado C Central.	Def. para Cuerda Mayor.	Abs.	Ord.
P.C. 0° 15′	0° 00′	0.000	0.000	P.C. 0° 30′	0° 00′	0.000	0.000
C.C. 0 30	0 03½	10.000	0.011	C.C. 1 00	0 07⅓	10.000	0.022
C.C. 0 45	0 09⅓	20.000	0.055	C.C. 1 30	0 18⅓	20.000	0.109
C.C. 1 00	0 17⅓	29.999	0.153	C.C. 2 00	0 35½	29.998	0.305
C.C. 1 15	0 28½	39.998	0.327	C.C. 2 30	0 56⅓	39.992	0.654
C.C. 1 30	0 41½	49.994	0.600	C.C. 3 00	1 22½	49.977	1.200
C.C. 1 45	0 57	59.987	0.993	C.C. 3 30	1 54	59.946	1.984
C.C. 2 00	1 15	69.972	1.527	C.C. 4 00	2 30½	69.889	3.051
C.C. 2 15	1 35½	79.948	2.224	C.C. 4 30	3 11½	79.792	4.443
C.C. 2 30	1 58½	89.909	3.107	C.C. 5 00	3 57½	89.636	6.201
C.C. 2 45	2 24⅓	99.849	4.195	C.C. 5 30	4 48½	99.399	8.365
C.C. 3 00	2 52⅓	109.762	5.512	C.C. 6 00	5 44½	109.053	10.975
				C.C. 6 30	6 45½	118.563	14.065
				C.C. 7 00	7 52	127.891	17.669

TABLA 2

Degree of MC.	Def. for Long Chord.	Abs.	Ord.
P.C. 1° 00′	0° 00′	0.000	0.000
C.C. 2 00	0 15	10.000	0.044
C.C. 3 00	0 37½	19.998	0.218
C.C. 4 00	1 09¾	29.991	0.611
C.C. 5 00	1 52½	39.986	1.308
C.C. 6 00	2 45	49.907	2.397
C.C. 7 00	3 47¼	59.784	3.961
C.C. 8 00	5 00	69.556	6.083
C.C. 9 00	6 22¼	79.169	8.840
C.C. 10 00	7 54½	88.551	12.301

TABLA 3.

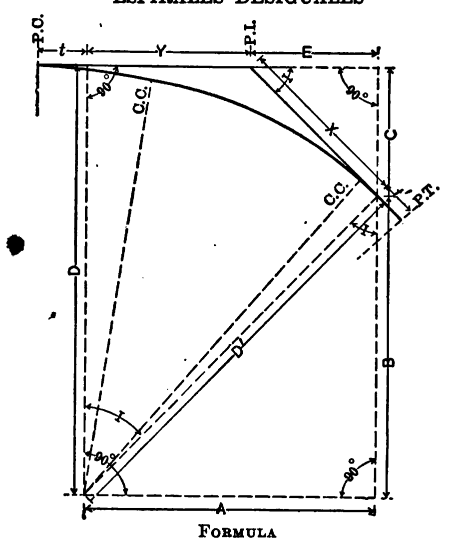
Grado Curva C.	Def. para Cuerda Mayor.	Abs.	Ord.
P.C. 2° 30′	0° 00′	0.000	0.000
C.C. 5 00	0 37½	9.999	0.109
C.C. 7 30	1 33¾	19.990	0.545
C.C.10 00	2 55	29.942	1.525
SUPPLEMENTO			
C.C. 5° 30′	0° 46¼′	11.999	0.161
C.C. 6 00	0 56¾	13.998	0.231
C.C. 6 30	1 08¾	15.996	0.318
C.C. 7 00	1 20¼	17.993	0.423
C.C. 8 00	1 47¾	21.985	0.689
C.C. 8 30	2 03¼	23.978	0.859
C.C. 9 00	2 19¾	25.968	1.055
C.C. 9 30	2 37	27.956	1.277

TABLA VIII.—CURVAS ESPIRALES—*Continuado*

TABLA 4

Grado C. Central.	Def. para Cuerda May.	Abs.	Ord.
P.C. 2° 30′	0° 00′	0.000	0.000
C.C. 5 00′	0 18⅛	5.000	0.027
C.C. 7 30	0 46⅞	9.999	0.136
C.C. 10 00	1 27½	14.993	0.382
Supplemento			
C.C. 5° 30′	0° 23⅛	6.000	0.040
C.C. 6 00	0 28⅜	7.000	0.058
C.C. 6 30	0 34¼	7.999	0.080
C.C. 7 00	0 40½	8.999	0.106
C.C. 8 00	0 53⅞	10.998	0.172
C.C. 8 30	1 01½	11.997	0.215
C.C. 9 00	1 09¾	12.996	0.264
C.C. 9 30	1 18½	13.995	0.320

ESPIRALES DESIGUALES



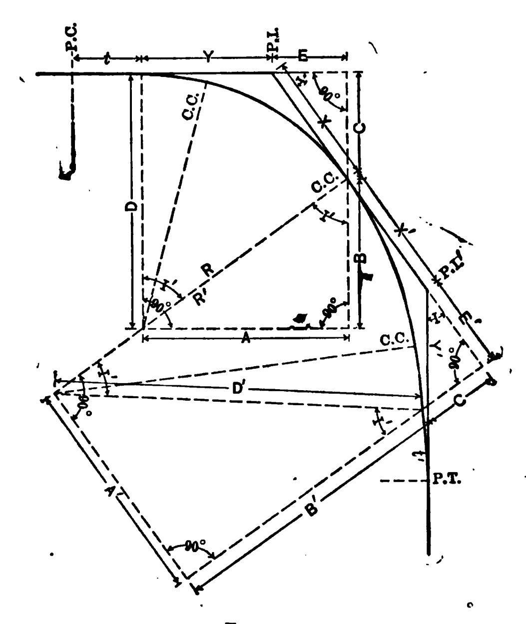
FORMULA

Para calcular distancias entre P.C. y P.T. de una curva con espirales desiguales:

$$\text{Sen } I \times D' = A;$$
$$\cos I \times D' = B;$$
$$D - B = C;$$
$$C \times \cot I = E;$$
$$A - E = Y; \quad Y + t = \text{distancia de P.C. á P.I.};$$
$$\frac{E}{\cos I} = X; \quad X + t = \text{distancia de P.I. á P.T.}$$

TABLA VIII.—CURVAS ESPIRALES—*Continuado*

CURVA COMPUESTA CON ESPIRAL EN CADA PUNTO



FORMULAS

Para calcular distancias entre P.C., C.C., y P.T., a P.I. y P.I.', de una curva compuesta con Espiral en cada punto:

1*a* parte:

$\text{Sen } I \times R = A;$

$\cos I \times R = B;$

$D - B = C;$

$C \times \cot I = E;$

$A - E = Y$ $\quad Y + t =$ distancia de P.C. á P.I.

$\dfrac{E}{\cos I} = X;$ $\quad X =$ distancia de P.I. á C.C.

2*a* parte:

$\text{Sen } I' \times D' = A';$

$\cos I' \times D' = B';$

$R' - B' = C';$

$C' \times \cot I' = E';$

$A' - E' = X' =$ distancia de C.C. á P.I.'

$\dfrac{E}{\cos I'} = Y'.$ $\quad Y' + t' =$ distancia de P.I.' a P.T.

NOTA.—Tambien se usa esta formula cuando se coloca espiral a un solo punto de curva sencilla.

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	00000	00043	00087	00130	00173	00217	00260	00303	00346	00389
1	0432	0475	0518	0561	0604	0647	0689	0732	0775	0817
2	0860	0903	0945	0988	1030	1072	1115	1157	1199	1242
3	1284	1326	1368	1410	1452	1494	1536	1578	1620	1662
4	1703	1745	1787	1828	1870	1912	1953	1995	2036	2078
5	2119	2160	2202	2243	2284	2325	2366	2407	2449	2490
6	2531	2572	2612	2653	2694	2735	2776	2816	2857	2898
7	2938	2979	3019	3060	3100	3141	3181	3222	3262	3302
8	3342	3383	3423	3463	3503	3543	3583	3623	3663	3703
9	3743	3782	3822	3862	3902	3941	3981	4021	4060	4100
110	04139	04179	04218	04258	04297	04336	04376	04415	04454	04493
1	4532	4571	4610	4650	4689	4727	4766	4805	4844	4883
2	4922	4961	4999	5038	5077	5115	5154	5192	5231	5269
3	5308	5346	5385	5423	5461	5500	5538	5576	5614	5652
4	5690	5729	5767	5805	5843	5881	5918	5956	5994	6032
5	6070	6108	6145	6183	6221	6258	6296	6333	6371	6408
6	6446	6483	6521	6558	6595	6633	6670	6707	6744	6781
7	6819	6856	6893	6930	6967	7004	7041	7078	7115	7151
8	7188	7225	7262	7298	7335	7372	7408	7445	7482	7518
9	7555	7591	7628	7664	7700	7737	7773	7809	7846	7882
120	07918	07954	07990	08027	08063	08099	08135	08171	08207	08243
1	8279	8314	8350	8386	8422	8458	8493	8529	8565	8600
2	8636	8672	8707	8743	8778	8814	8849	8884	8920	8955
3	8991	9026	9061	9096	9132	9167	9202	9237	9272	9307
4	9342	9377	9412	9447	9482	9517	9552	9587	9621	9656
5	9691	9726	9760	9795	9830	9864	9899	9934	9968	10003
6	10037	10072	10106	10140	10175	10209	10243	10278	10312	0346
7	0380	0415	0449	0483	0517	0551	0585	0619	0653	0687
8	0721	0755	0789	0823	0857	0890	0924	0958	0992	1025
9	1059	1093	1126	1160	1193	1227	1261	1294	1327	1361
130	11394	11428	11461	11494	11528	11561	11594	11628	11661	11694
1	1727	1760	1793	1826	1860	1893	1926	1959	1992	2024
2	2057	2090	2123	2156	2189	2222	2254	2287	2320	2352
3	2385	2418	2450	2483	2516	2548	2581	2613	2646	2678
4	2710	2743	2775	2808	2840	2872	2905	2937	2969	3001
5	3033	3066	3098	3130	3162	3194	3226	3258	3290	3322
6	3354	3386	3418	3450	3481	3513	3545	3577	3609	3640
7	3672	3704	3735	3767	3799	3830	3862	3893	3925	3956
8	3988	4019	4051	4082	4114	4145	4176	4208	4239	4270
9	4301	4333	4364	4395	4426	4457	4489	4520	4551	4582
140	14613	14644	14675	14706	14737	14768	14799	14829	14860	14891
1	4922	4953	4983	5014	5045	5076	5106	5137	5168	5198
2	5229	5259	5290	5320	5351	5381	5412	5442	5473	5503
3	5534	5564	5594	5625	5655	5685	5715	5746	5776	5806
4	5836	5866	5897	5927	5957	5987	6017	6047	6077	6107
5	6137	6167	6197	6227	6256	6286	6316	6346	6376	6406
6	6435	6465	6495	6524	6554	6584	6613	6643	6673	6702
7	6732	6761	6791	6820	6850	6879	6909	6938	6967	6997
8	7026	7056	7085	7114	7143	7173	7202	7231	7260	7289
9	7319	7348	7377	7406	7435	7464	7493	7522	7551	7580
150	17609	17638	17667	17696	17725	17754	17782	17811	17840	17869

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
150	17609	17638	17667	17696	17725	17754	17782	17811	17840	17869
1	7898	7926	7955	7984	8013	8041	8070	8099	8127	8156
2	8184	8213	8241	8270	8298	8327	8355	8384	8412	8441
3	8469	8498	8526	8554	8583	8611	8639	8667	8696	8724
4	8752	8780	8808	8837	8865	8893	8921	8949	8977	9005
5	9033	9061	9089	9117	9145	9173	9201	9229	9257	9285
6	9312	9340	9368	9396	9424	9451	9479	9507	9535	9562
7	9590	9618	9645	9673	9700	9728	9756	9783	9811	9838
8	9866	9893	9921	9948	9976	20003	20030	20058	20085	20112
9	20140	20167	20194	20222	20249	0276	0303	0330	0358	0385
160	20412	20439	20466	20493	20520	20548	20575	20602	20629	20656
1	0683	0710	0737	0763	0790	0817	0844	0871	0898	0925
2	0952	0978	1005	1032	1059	1085	1112	1139	1165	1192
3	1219	1245	1272	1299	1325	1352	1378	1405	1431	1458
4	1484	1511	1537	1564	1590	1617	1643	1669	1696	1722
5	1748	1775	1801	1827	1854	1880	1906	1932	1958	1985
6	2011	2037	2063	2089	2115	2141	2167	2194	2220	2246
7	2272	2298	2324	2350	2376	2401	2427	2453	2479	2505
8	2531	2557	2583	2608	2634	2660	2686	2712	2737	2763
9	2789	2814	2840	2866	2891	2917	2943	2968	2994	3019
170	23045	23070	23096	23121	23147	23172	23198	23223	23249	23274
1	3300	3325	3350	3376	3401	3426	3452	3477	3502	3528
2	3553	3578	3603	3629	3654	3679	3704	3729	3754	3779
3	3805	3830	3855	3880	3905	3930	3955	3980	4005	4030
4	4055	4080	4105	4130	4155	4180	4204	4229	4254	4279
5	4304	4329	4353	4378	4403	4428	4452	4477	4502	4527
6	4551	4576	4601	4625	4650	4674	4699	4724	4748	4773
7	4797	4822	4846	4871	4895	4920	4944	4969	4993	5018
8	5042	5066	5091	5115	5139	5164	5188	5212	5237	5261
9	5285	5310	5334	5358	5382	5406	5431	5455	5479	5503
180	25527	25551	25575	25600	25624	25648	25672	25696	25720	25744
1	5768	5792	5816	5840	5864	5888	5912	5935	5959	5983
2	6007	6031	6055	6079	6102	6126	6150	6174	6198	6221
3	6245	6269	6293	6316	6340	6364	6387	6411	6435	6458
4	6482	6505	6529	6553	6576	6600	6623	6647	6670	6694
5	6717	6741	6764	6788	6811	6834	6858	6881	6905	6928
6	6951	6975	6998	7021	7045	7068	7091	7114	7138	7161
7	7184	7207	7231	7254	7277	7300	7323	7346	7370	7393
8	7416	7439	7462	7485	7508	7531	7554	7577	7600	7623
9	7646	7669	7692	7715	7738	7761	7784	7807	7830	7852
190	27875	27898	27921	27944	27967	27989	28012	28035	28058	28081
1	8103	8126	8149	8171	8194	8217	8240	8262	8285	8307
2	8330	8353	8375	8398	8421	8443	8466	8488	8511	8533
3	8556	8578	8601	8623	8646	8668	8691	8713	8735	8758
4	8780	8803	8825	8847	8870	8892	8914	8937	8959	8981
5	9003	9026	9048	9070	9092	9115	9137	9159	9181	9203
6	9226	9248	9270	9292	9314	9336	9358	9380	9403	9425
7	9447	9469	9491	9513	9535	9557	9579	9601	9623	9645
8	9667	9688	9710	9732	9754	9776	9798	9820	9842	9863
9	9885	9907	9929	9951	9973	9994	30016	30038	30060	30081
200	30103	30125	30146	30168	30190	30211	30233	30255	30276	30298

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
200	30103	30125	30146	30168	30190	30211	30233	30255	30276	30298
1	0320	0341	0363	0384	0406	0428	0449	0471	0492	0514
2	0535	0557	0578	0600	0621	0643	0664	0685	0707	0728
3	0750	0771	0792	0814	0835	0856	0878	0899	0920	0942
4	0963	0984	1006	1027	1048	1069	1091	1112	1133	1154
5	1175	1197	1218	1239	1260	1281	1302	1323	1345	1366
6	1387	1408	1429	1450	1471	1492	1513	1534	1555	1576
7	1597	1618	1639	1660	1681	1702	1723	1744	1765	1785
8	1806	1827	1848	1869	1890	1911	1931	1952	1973	1994
9	2015	2035	2056	2077	2098	2118	2139	2160	2181	2201
210	32222	32243	32263	32284	32305	32325	32346	32366	32387	32408
1	2428	2449	2469	2490	2510	2531	2552	2572	2593	2613
2	2634	2654	2675	2695	2715	2736	2756	2777	2797	2818
3	2838	2858	2879	2899	2919	2940	2960	2980	3001	3021
4	3041	3062	3082	3102	3122	3143	3163	3183	3203	3224
5	3244	3264	3284	3304	3325	3345	3365	3385	3405	3425
6	3445	3465	3486	3506	3526	3546	3566	3586	3606	3626
7	3646	3666	3686	3706	3726	3746	3766	3786	3806	3826
8	3846	3866	3885	3905	3925	3945	3965	3985	4005	4025
9	4044	4064	4084	4104	4124	4143	4163	4183	4203	4223
220	34242	34262	34282	34301	34321	34341	34361	34380	34400	34420
1	4439	4459	4479	4498	4518	4537	4557	4577	4596	4616
2	4635	4655	4674	4694	4713	4733	4753	4772	4792	4811
3	4830	4850	4869	4889	4908	4928	4947	4967	4986	5005
4	5025	5044	5064	5083	5102	5122	5141	5160	5180	5199
5	5218	5238	5257	5276	5295	5315	5334	5353	5372	5392
6	5411	5430	5449	5468	5488	5507	5526	5545	5564	5583
7	5603	5622	5641	5660	5679	5698	5717	5736	5755	5774
8	5793	5813	5832	5851	5870	5889	5908	5927	5946	5965
9	5984	6003	6021	6040	6059	6078	6097	6116	6135	6154
230	36173	36192	36211	36229	36248	36267	36286	36305	36324	36342
1	6361	6380	6399	6418	6436	6455	6474	6493	6511	6530
2	6549	6568	6586	6605	6624	6642	6661	6680	6698	6717
3	6736	6754	6773	6791	6810	6829	6847	6866	6884	6903
4	6922	6940	6959	6977	6996	7014	7033	7051	7070	7088
5	7107	7125	7144	7162	7181	7199	7218	7236	7254	7273
6	7291	7310	7328	7346	7365	7383	7401	7420	7438	7457
7	7475	7493	7511	7530	7548	7566	7585	7603	7621	7639
8	7658	7676	7694	7712	7731	7749	7767	7785	7803	7822
9	7840	7858	7876	7894	7912	7931	7949	7967	7985	8003
240	38021	38039	38057	38075	38093	38112	38130	38148	38166	38184
1	8202	8220	8238	8256	8274	8292	8310	8328	8346	8364
2	8382	8399	8417	8435	8453	8471	8489	8507	8525	8543
3	8561	8578	8596	8614	8632	8650	8668	8686	8703	8721
4	8739	8757	8775	8792	8810	8828	8846	8863	8881	8899
5	8917	8934	8952	8970	8987	9005	9023	9041	9058	9076
6	9094	9111	9129	9146	9164	9182	9199	9217	9235	9252
7	9270	9287	9305	9322	9340	9358	9375	9393	9410	9428
8	9445	9463	9480	9498	9515	9533	9550	9568	9585	9602
9	9620	9637	9655	9672	9690	9707	9724	9742	9759	9777
250	39794	39811	39829	39846	39863	39881	39898	39915	39933	39950

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
250	39794	39811	39829	39846	39863	39881	39898	39915	39933	39950
1	9967	9985	40002	40019	40037	40054	40071	40088	40106	40123
2	40140	40157	0175	0192	0209	0226	0243	0261	0278	0295
3	0312	0329	0346	0364	0381	0398	0415	0432	0449	0466
4	0483	0500	0518	0535	0552	0569	0586	0603	0620	0637
5	0654	0671	0688	0705	0722	0739	0756	0773	0790	0807
6	0824	0841	0858	0875	0892	0909	0926	0943	0960	0976
7	0993	1010	1027	1044	1061	1078	1095	1111	1128	1145
8	1162	1179	1196	1212	1229	1246	1263	1280	1296	1313
9	1330	1347	1363	1380	1397	1414	1430	1447	1464	1481
260	41497	41514	41531	41547	41564	41581	41597	41614	41631	41647
1	1664	1681	1697	1714	1731	1747	1764	1780	1797	1814
2	1830	1847	1863	1880	1896	1913	1929	1946	1963	1979
3	1996	2012	2029	2045	2062	2078	2095	2111	2127	2144
4	2160	2177	2193	2210	2226	2243	2259	2275	2292	2308
5	2325	2341	2357	2374	2390	2406	2423	2439	2455	2472
6	2488	2504	2521	2537	2553	2570	2586	2602	2619	2635
7	2651	2667	2684	2700	2716	2732	2749	2765	2781	2797
8	2813	2830	2846	2862	2878	2894	2911	2927	2943	2959
9	2975	2991	3008	3024	3040	3056	3072	3088	3104	3120
270	43136	43152	43169	43185	43201	43217	43233	43249	43265	43281
1	3297	3313	3329	3345	3361	3377	3393	3409	3425	3441
2	3457	3473	3489	3505	3521	3537	3553	3569	3584	3600
3	3616	3632	3648	3664	3680	3696	3712	3727	3743	3759
4	3775	3791	3807	3823	3838	3854	3870	3886	3902	3917
5	3933	3949	3965	3981	3996	4012	4028	4044	4059	4075
6	4091	4107	4122	4138	4154	4170	4185	4201	4217	4232
7	4248	4264	4279	4295	4311	4326	4342	4358	4373	4389
8	4404	4420	4436	4451	4467	4483	4498	4514	4529	4545
9	4560	4576	4592	4607	4623	4638	4654	4669	4685	4700
280	44716	44731	44747	44762	44778	44793	44809	44824	44840	44855
1	4871	4886	4902	4917	4932	4948	4963	4979	4994	5010
2	5025	5040	5056	5071	5086	5102	5117	5133	5148	5163
3	5179	5194	5209	5225	5240	5255	5271	5286	5301	5317
4	5332	5347	5362	5378	5393	5408	5423	5439	5454	5469
5	5484	5500	5515	5530	5545	5561	5576	5591	5606	5621
6	5637	5652	5667	5682	5697	5712	5728	5743	5758	5773
7	5788	5803	5818	5834	5849	5864	5879	5894	5909	5924
8	5939	5954	5969	5984	6000	6015	6030	6045	6060	6075
9	6090	6105	6120	6135	6150	6165	6180	6195	6210	6225
290	46240	46255	46270	46285	46300	46315	46330	46345	46359	46374
1	6389	6404	6419	6434	6449	6464	6479	6494	6509	6523
2	6538	6553	6568	6583	6598	6613	6627	6642	6657	6672
3	6687	6702	6716	6731	6746	6761	6776	6790	6805	6820
4	6835	6850	6864	6879	6894	6909	6923	6938	6953	6967
5	6982	6997	7012	7026	7041	7056	7070	7085	7100	7114
6	7129	7144	7159	7173	7188	7202	7217	7232	7246	7261
7	7276	7290	7305	7319	7334	7349	7363	7378	7392	7407
8	7422	7436	7451	7465	7480	7494	7509	7524	7538	7553
9	7567	7582	7596	7611	7625	7640	7654	7669	7683	7698
300	47712	47727	47741	47756	47770	47784	47799	47813	47828	47842

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
800	47712	47727	47741	47756	47770	47784	47799	47813	47828	47842
1	7857	7871	7885	7900	7914	7929	7943	7958	7972	7986
2	8001	8015	8029	8044	8058	8073	8087	8101	8116	8130
3	8144	8159	8173	8187	8202	8216	8230	8244	8259	8273
4	8287	8302	8316	8330	8344	8359	8373	8387	8401	8416
5	8430	8444	8458	8473	8487	8501	8515	8530	8544	8558
6	8572	8586	8601	8615	8629	8643	8657	8671	8686	8700
7	8714	8728	8742	8756	8770	8785	8799	8813	8827	8841
8	8855	8869	8883	8897	8911	8926	8940	8954	8968	8982
9	8996	9010	9024	9038	9052	9066	9080	9094	9108	9122
810	49136	49150	49164	49178	49192	49206	49220	49234	49248	49262
1	9276	9290	9304	9318	9332	9346	9360	9374	9388	9402
2	9415	9429	9443	9457	9471	9485	9499	9513	9527	9541
3	9554	9568	9582	9596	9610	9624	9638	9651	9665	9679
4	9693	9707	9721	9734	9748	9762	9776	9790	9803	9817
5	9831	9845	9859	9872	9886	9900	9914	9927	9941	9955
6	9969	9982	9996	50010	50024	50037	50051	50065	50079	50092
7	50106	50120	50133	0147	0161	0174	0188	0202	0215	0229
8	0243	0256	0270	0284	0297	0311	0325	0338	0352	0365
9	0379	0393	0406	0420	0433	0447	0461	0474	0488	0501
820	50515	50529	50542	50556	50569	50583	50596	50610	50623	50637
1	0651	0664	0678	0691	0705	0718	0732	0745	0759	0772
2	0786	0799	0813	0826	0840	0853	0866	0880	0893	0907
3	0920	0934	0947	0961	0974	0987	1001	1014	1028	1041
4	1055	1068	1081	1095	1108	1121	1135	1148	1162	1175
5	1188	1202	1215	1228	1242	1255	1268	1282	1295	1308
6	1322	1335	1348	1362	1375	1388	1402	1415	1428	1441
7	1455	1468	1481	1495	1508	1521	1534	1548	1561	1574
8	1587	1601	1614	1627	1640	1654	1667	1680	1693	1706
9	1720	1733	1746	1759	1772	1786	1799	1812	1825	1838
830	51851	51865	51878	51891	51904	51917	51930	51943	51957	51970
1	1983	1996	2009	2022	2035	2048	2061	2075	2088	2101
2	2114	2127	2140	2153	2166	2179	2192	2205	2218	2231
3	2244	2257	2270	2284	2297	2310	2323	2336	2349	2362
4	2375	2388	2401	2414	2427	2440	2453	2466	2479	2492
5	2504	2517	2530	2543	2556	2569	2582	2595	2608	2621
6	2634	2647	2660	2673	2686	2699	2711	2724	2737	2750
7	2763	2776	2789	2802	2815	2827	2840	2853	2866	2879
8	2892	2905	2917	2930	2943	2956	2969	2982	2994	3007
9	3020	3033	3046	3058	3071	3084	3097	3110	3122	3135
840	53148	53161	53173	53186	53199	53212	53224	53237	53250	53263
1	3275	3288	3301	3314	3326	3339	3352	3364	3377	3390
2	3403	3415	3428	3441	3453	3466	3479	3491	3504	3517
3	3529	3542	3555	3567	3580	3593	3605	3618	3631	3643
4	3656	3668	3681	3694	3706	3719	3732	3744	3757	3769
5	3782	3794	3807	3820	3832	3845	3857	3870	3882	3895
6	3908	3920	3933	3945	3958	3970	3983	3995	4008	4020
7	4033	4045	4058	4070	4083	4095	4108	4120	4133	4145
8	4158	4170	4183	4195	4208	4220	4233	4245	4258	4270
9	4283	4295	4307	4320	4332	4345	4357	4370	4382	4394
850	54407	54419	54432	54444	54456	54469	54481	54494	54506	54518

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
850	54407	54419	54432	54444	54456	54469	54481	54494	54506	54518
1	4531	4543	4555	4568	4580	4593	4605	4617	4630	4642
2	4654	4667	4679	4691	4704	4716	4728	4741	4753	4765
3	4777	4790	4802	4814	4827	4839	4851	4864	4876	4888
4	4900	4913	4925	4937	4949	4962	4974	4986	4998	5011
5	5023	5035	5047	5060	5072	5084	5096	5108	5121	5133
6	5145	5157	5169	5182	5194	5206	5218	5230	5242	5255
7	5267	5279	5291	5303	5315	5328	5340	5352	5364	5376
8	5388	5400	5413	5425	5437	5449	5461	5473	5485	5497
9	5509	5522	5534	5546	5558	5570	5582	5594	5606	5618
860	55630	55642	55654	55666	55678	55691	55703	55715	55727	55739
1	5751	5763	5775	5787	5799	5811	5823	5835	5847	5859
2	5871	5883	5895	5907	5919	5931	5943	5955	5967	5979
3	5991	6003	6015	6027	6038	6050	6062	6074	6086	6098
4	6110	6122	6134	6146	6158	6170	6182	6194	6205	6217
5	6229	6241	6253	6265	6277	6289	6301	6312	6324	6336
6	6348	6360	6372	6384	6396	6407	6419	6431	6443	6455
7	6467	6478	6490	6502	6514	6526	6538	6549	6561	6573
8	6585	6597	6608	6620	6632	6644	6656	6667	6679	6691
9	6703	6714	6726	6738	6750	6761	6773	6785	6797	6808
870	56820	56832	56844	56855	56867	56879	56891	56902	56914	56926
1	6937	6949	6961	6972	6984	6996	7008	7019	7031	7043
2	7054	7066	7078	7089	7101	7113	7124	7136	7148	7159
3	7171	7183	7194	7206	7217	7229	7241	7252	7264	7276
4	7287	7299	7310	7322	7334	7345	7357	7368	7380	7392
5	7403	7415	7426	7438	7449	7461	7473	7484	7496	7507
6	7519	7530	7542	7553	7565	7576	7588	7600	7611	7623
7	7634	7646	7657	7669	7680	7692	7703	7715	7726	7738
8	7749	7761	7772	7784	7795	7807	7818	7830	7841	7852
9	7864	7875	7887	7898	7910	7921	7933	7944	7955	7967
880	57978	57990	58001	58013	58024	58035	58047	58058	58070	58081
1	8092	8104	8115	8127	8138	8149	8161	8172	8184	8195
2	8206	8218	8229	8240	8252	8263	8274	8286	8297	8309
3	8320	8331	8343	8354	8365	8377	8388	8399	8410	8422
4	8433	8444	8456	8467	8478	8490	8501	8512	8524	8535
5	8546	8557	8569	8580	8591	8602	8614	8625	8636	8647
6	8659	8670	8681	8692	8704	8715	8726	8737	8749	8760
7	8771	8782	8794	8805	8816	8827	8838	8850	8861	8872
8	8883	8894	8906	8917	8928	8939	8950	8961	8973	8984
9	8995	9006	9017	9028	9040	9051	9062	9073	9084	9095
890	59106	59118	59129	59140	59151	59162	59173	59184	59195	59207
1	9218	9229	9240	9251	9262	9273	9284	9295	9306	9318
2	9329	9340	9351	9362	9373	9384	9395	9406	9417	9428
3	9439	9450	9461	9472	9483	9494	9506	9517	9528	9539
4	9550	9561	9572	9583	9594	9605	9616	9627	9638	9649
5	9660	9671	9682	9693	9704	9715	9726	9737	9748	9759
6	9770	9780	9791	9802	9813	9824	9835	9846	9857	9868
7	9879	9890	9901	9912	9923	9934	9945	9956	9966	9977
8	9988	9999	60010	60021	60032	60043	60054	60065	60076	60086
9	60097	60108	0119	0130	0141	0152	0163	0173	0184	0195
400	60206	60217	60228	60239	60249	60260	60271	60282	60293	60304

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
400	60206	60217	60228	60239	60249	60260	60271	60282	60293	60304
1	0314	0325	0336	0347	0358	0369	0379	0390	0401	0412
2	0423	0433	0444	0455	0466	0477	0487	0498	0509	0520
3	0531	0541	0552	0563	0574	0584	0595	0606	0617	0627
4	0638	0649	0660	0670	0681	0692	0703	0713	0724	0735
5	0746	0756	0767	0778	0788	0799	0810	0821	0831	0842
6	0853	0863	0874	0885	0895	0906	0917	0927	0938	0949
7	0959	0970	0981	0991	1002	1013	1023	1034	1045	1055
8	1066	1077	1087	1098	1109	1119	1130	1140	1151	1162
9	1172	1183	1194	1204	1215	1225	1236	1247	1257	1268
410	61278	61289	61300	61310	61321	61331	61342	61352	61363	61374
1	1384	1395	1405	1416	1426	1437	1448	1458	1469	1479
2	1490	1500	1511	1521	1532	1542	1553	1563	1574	1584
3	1595	1606	1616	1627	1637	1648	1658	1669	1679	1690
4	1700	1711	1721	1731	1742	1752	1763	1773	1784	1794
5	1805	1815	1826	1836	1847	1857	1868	1878	1888	1899
6	1909	1920	1930	1941	1951	1962	1972	1982	1993	2003
7	2014	2024	2034	2045	2055	2066	2076	2086	2097	2107
8	2118	2128	2138	2149	2159	2170	2180	2190	2201	2211
9	2221	2232	2242	2252	2263	2273	2284	2294	2304	2315
420	62325	62335	62346	62356	62366	62377	62387	62397	62408	62418
1	2428	2439	2449	2459	2469	2480	2490	2500	2511	2521
2	2531	2542	2552	2562	2572	2583	2593	2603	2613	2624
3	2634	2644	2655	2665	2675	2685	2696	2706	2716	2726
4	2737	2747	2757	2767	2778	2788	2798	2808	2818	2829
5	2839	2849	2859	2870	2880	2890	2900	2910	2921	2931
6	2941	2951	2961	2972	2982	2992	3002	3012	3022	3033
7	3043	3053	3063	3073	3083	3094	3104	3114	3124	3134
8	3144	3155	3165	3175	3185	3195	3205	3215	3225	3236
9	3246	3256	3266	3276	3286	3296	3306	3317	3327	3337
430	63347	63357	63367	63377	63387	63397	63407	63417	63428	63438
1	3448	3458	3468	3478	3488	3498	3508	3518	3528	3538
2	3548	3558	3568	3579	3589	3599	3609	3619	3629	3639
3	3649	3659	3669	3679	3689	3699	3709	3719	3729	3739
4	3749	3759	3769	3779	3789	3799	3809	3819	3829	3839
5	3849	3859	3869	3879	3889	3899	3909	3919	3929	3939
6	3949	3959	3969	3979	3988	3998	4008	4018	4028	4038
7	4048	4058	4068	4078	4088	4098	4108	4118	4128	4137
8	4147	4157	4167	4177	4187	4197	4207	4217	4227	4237
9	4246	4256	4266	4276	4286	4296	4306	4316	4326	4335
440	64345	64355	64365	64375	64385	64395	64404	64414	64424	64434
1	4444	4454	4464	4473	4483	4493	4503	4513	4523	4532
2	4542	4552	4562	4572	4582	4591	4601	4611	4621	4631
3	4640	4650	4660	4670	4680	4689	4699	4709	4719	4729
4	4738	4748	4758	4768	4777	4787	4797	4807	4816	4826
5	4836	4846	4856	4865	4875	4885	4895	4904	4914	4924
6	4933	4943	4953	4963	4972	4982	4992	5002	5011	5021
7	5031	5040	5050	5060	5070	5079	5089	5099	5108	5118
8	5128	5137	5147	5157	5167	5176	5186	5196	5205	5215
9	5225	5234	5244	5254	5263	5273	5283	5292	5302	5312
450	65321	65331	65341	65350	65360	65369	65379	65389	65398	65408

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
450	65321	65331	65341	65350	65360	65369	65379	65389	65398	65408
1	5418	5427	5437	5447	5456	5466	5475	5485	5495	5504
2	5514	5523	5533	5543	5552	5562	5571	5581	5591	5600
3	5610	5619	5629	5639	5648	5658	5667	5677	5686	5696
4	5706	5715	5725	5734	5744	5753	5763	5772	5782	5792
5	5801	5811	5820	5830	5839	5849	5858	5868	5877	5887
6	5896	5906	5916	5925	5935	5944	5954	5963	5973	5982
7	5992	6001	6011	6020	6030	6039	6049	6058	6068	6077
8	6087	6096	6106	6115	6124	6134	6143	6153	6162	6172
9	6181	6191	6200	6210	6219	6229	6238	6247	6257	6266
460	66276	66285	66295	66304	66314	66323	66332	66342	66351	66361
1	6370	6380	6389	6398	6408	6417	6427	6436	6445	6455
2	6464	6474	6483	6492	6502	6511	6521	6530	6539	6549
3	6558	6567	6577	6586	6596	6605	6614	6624	6633	6642
4	6652	6661	6671	6680	6689	6699	6708	6717	6727	6736
5	6745	6755	6764	6773	6783	6792	6801	6811	6820	6829
6	6839	6848	6857	6867	6876	6885	6894	6904	6913	6922
7	6932	6941	6950	6960	6969	6978	6987	6997	7006	7015
8	7025	7034	7043	7052	7062	7071	7080	7089	7099	7108
9	7117	7127	7136	7145	7154	7164	7173	7182	7191	7201
470	67210	67219	67228	67237	67247	67256	67265	67274	67284	67293
1	7302	7311	7321	7330	7339	7348	7357	7367	7376	7385
2	7394	7403	7413	7422	7431	7440	7449	7459	7468	7477
3	7486	7495	7504	7514	7523	7532	7541	7550	7560	7569
4	7578	7587	7596	7605	7614	7624	7633	7642	7651	7660
5	7669	7679	7688	7697	7706	7715	7724	7733	7742	7752
6	7761	7770	7779	7788	7797	7806	7815	7825	7834	7843
7	7852	7861	7870	7879	7888	7897	7906	7916	7925	7934
8	7943	7952	7961	7970	7979	7988	7997	8006	8015	8024
9	8034	8043	8052	8061	8070	8079	8088	8097	8106	8115
480	68124	68133	68142	68151	68160	68169	68178	68187	68196	68205
1	8215	8224	8233	8242	8251	8260	8269	8278	8287	8296
2	8305	8314	8323	8332	8341	8350	8359	8368	8377	8386
3	8395	8404	8413	8422	8431	8440	8449	8458	8467	8476
4	8485	8494	8502	8511	8520	8529	8538	8547	8556	8565
5	8574	8583	8592	8601	8610	8619	8628	8637	8646	8655
6	8664	8673	8681	8690	8699	8708	8717	8726	8735	8744
7	8753	8762	8771	8780	8789	8797	8806	8815	8824	8833
8	8842	8851	8860	8869	8878	8886	8895	8904	8913	8922
9	8931	8940	8949	8958	8966	8975	8984	8993	9002	9011
490	69020	69028	69037	69046	69055	69064	69073	69082	69090	69099
1	9108	9117	9126	9135	9144	9152	9161	9170	9179	9188
2	9197	9205	9214	9223	9232	9241	9249	9258	9267	9276
3	9285	9294	9302	9311	9320	9329	9338	9346	9355	9364
4	9373	9381	9390	9399	9408	9417	9425	9434	9443	9452
5	9461	9469	9478	9487	9496	9504	9513	9522	9531	9539
6	9548	9557	9566	9574	9583	9592	9601	9609	9618	9627
7	9636	9644	9653	9662	9671	9679	9688	9697	9705	9714
8	9723	9732	9740	9749	9758	9767	9775	9784	9793	9801
9	9810	9819	9827	9836	9845	9854	9862	9871	9880	9888
500	69897	69906	69914	69923	69932	69940	69949	69958	69966	69975

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
500	69897	69906	69914	69923	69932	69940	69949	69958	69966	69975
1	9984	9992	70001	70010	70018	70027	70036	70044	70053	70062
2	70070	70079	0088	0096	0105	0114	0122	0131	0140	0148
3	0157	0165	0174	0183	0191	0200	0209	0217	0226	0234
4	0243	0252	0260	0269	0278	0286	0295	0303	0312	0321
5	0329	0338	0346	0355	0364	0372	0381	0389	0398	0406
6	0415	0424	0432	0441	0449	0458	0467	0475	0484	0492
7	0501	0509	0518	0526	0535	0544	0552	0561	0569	0578
8	0586	0595	0603	0612	0621	0629	0638	0646	0655	0663
9	0672	0680	0689	0697	0706	0714	0723	0731	0740	0749
510	70757	70766	70774	70783	70791	70800	70808	70817	70825	70834
1	0842	0851	0859	0868	0876	0885	0893	0902	0910	0919
2	0927	0935	0944	0952	0961	0969	0978	0986	0995	1003
3	1012	1020	1029	1037	1046	1054	1063	1071	1079	1088
4	1096	1105	1113	1122	1130	1139	1147	1155	1164	1172
5	1181	1189	1198	1206	1214	1223	1231	1240	1248	1257
6	1265	1273	1282	1290	1299	1307	1315	1324	1332	1341
7	1349	1357	1366	1374	1383	1391	1399	1408	1416	1425
8	1433	1441	1450	1458	1466	1475	1483	1492	1500	1508
9	1517	1525	1533	1542	1550	1559	1567	1575	1584	1592
520	71600	71609	71617	71625	71634	71642	71650	71659	71667	71675
1	1684	1692	1700	1709	1717	1725	1734	1742	1750	1759
2	1767	1775	1784	1792	1800	1809	1817	1825	1834	1842
3	1850	1858	1867	1875	1883	1892	1900	1908	1917	1925
4	1933	1941	1950	1958	1966	1975	1983	1991	1999	2008
5	2016	2024	2032	2041	2049	2057	2066	2074	2082	2090
6	2099	2107	2115	2123	2132	2140	2148	2156	2165	2173
7	2181	2189	2198	2206	2214	2222	2230	2239	2247	2255
8	2263	2272	2280	2288	2296	2304	2313	2321	2329	2337
9	2346	2354	2362	2370	2378	2387	2395	2403	2411	2419
530	72428	72436	72444	72452	72460	72469	72477	72485	72493	72501
1	2509	2518	2526	2534	2542	2550	2558	2567	2575	2583
2	2591	2599	2607	2616	2624	2632	2640	2648	2656	2665
3	2673	2681	2689	2697	2705	2713	2722	2730	2738	2746
4	2754	2762	2770	2779	2787	2795	2803	2811	2819	2827
5	2835	2843	2852	2860	2868	2876	2884	2892	2900	2908
6	2916	2925	2933	2941	2949	2957	2965	2973	2981	2989
7	2997	3006	3014	3022	3030	3038	3046	3054	3062	3070
8	3078	3086	3094	3102	3111	3119	3127	3135	3143	3151
9	3159	3167	3175	3183	3191	3199	3207	3215	3223	3231
540	73239	73247	73255	73263	73272	73280	73288	73296	73304	73312
1	3320	3328	3336	3344	3352	3360	3368	3376	3384	3392
2	3400	3408	3416	3424	3432	3440	3448	3456	3464	3472
3	3480	3488	3496	3504	3512	3520	3528	3536	3544	3552
4	3560	3568	3576	3584	3592	3600	3608	3616	3624	3632
5	3640	3648	3656	3664	3672	3679	3687	3695	3703	3711
6	3719	3727	3735	3743	3751	3759	3767	3775	3783	3791
7	3799	3807	3815	3823	3830	3838	3846	3854	3862	3870
8	3878	3886	3894	3902	3910	3918	3926	3933	3941	3949
9	3957	3965	3973	3981	3989	3997	4005	4013	4020	4028
550	74036	74044	74052	74060	74068	74076	74084	74092	74099	74107

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
550	74036	74044	74052	74060	74068	74076	74084	74092	74099	74107
1	4115	4123	4131	4139	4147	4155	4162	4170	4178	4186
2	4194	4202	4210	4218	4225	4233	4241	4249	4257	4265
3	4273	4280	4288	4296	4304	4312	4320	4327	4335	4343
4	4351	4359	4367	4374	4382	4390	4398	4406	4414	4421
5	4429	4437	4445	4453	4461	4468	4476	4484	4492	4500
6	4507	4515	4523	4531	4539	4547	4554	4562	4570	4578
7	4586	4593	4601	4609	4617	4624	4632	4640	4648	4656
8	4663	4671	4679	4687	4695	4702	4710	4718	4726	4733
9	4741	4749	4757	4764	4772	4780	4788	4796	4803	4811
560	74819	74827	74834	74842	74850	74858	74865	74873	74881	74889
1	4896	4904	4912	4920	4927	4935	4943	4950	4958	4966
2	4974	4981	4989	4997	5005	5012	5020	5028	5035	5043
3	5051	5059	5066	5074	5082	5089	5097	5105	5113	5120
4	5128	5136	5143	5151	5159	5166	5174	5182	5189	5197
5	5205	5213	5220	5228	5236	5243	5251	5259	5266	5274
6	5282	5289	5297	5305	5312	5320	5328	5335	5343	5351
7	5358	5366	5374	5381	5389	5397	5404	5412	5420	5427
8	5435	5442	5450	5458	5465	5473	5481	5488	5496	5504
9	5511	5519	5526	5534	5542	5549	5557	5565	5572	5580
570	75587	75595	75603	75610	75618	75626	75633	75641	75648	75656
1	5664	5671	5679	5686	5694	5702	5709	5717	5724	5732
2	5740	5747	5755	5762	5770	5778	5785	5793	5800	5808
3	5815	5823	5831	5838	5846	5853	5861	5868	5876	5884
4	5891	5899	5906	5914	5921	5929	5937	5944	5952	5959
5	5967	5974	5982	5989	5997	6005	6012	6020	6027	6035
6	6042	6050	6057	6065	6072	6080	6087	6095	6103	6110
7	6118	6125	6133	6140	6148	6155	6163	6170	6178	6185
8	6193	6200	6208	6215	6223	6230	6238	6245	6253	6260
9	6268	6275	6283	6290	6298	6305	6313	6320	6328	6335
580	76343	76350	76358	76365	76373	76380	76388	76395	76403	76410
1	6418	6425	6433	6440	6448	6455	6462	6470	6477	6485
2	6492	6500	6507	6515	6522	6530	6537	6545	6552	6559
3	6567	6574	6582	6589	6597	6604	6612	6619	6626	6634
4	6641	6649	6656	6664	6671	6678	6686	6693	6701	6708
5	6716	6723	6730	6738	6745	6753	6760	6768	6775	6782
6	6790	6797	6805	6812	6819	6827	6834	6842	6849	6856
7	6864	6871	6879	6886	6893	6901	6908	6916	6923	6930
8	6938	6945	6953	6960	6967	6975	6982	6989	6997	7004
9	7012	7019	7026	7034	7041	7048	7056	7063	7070	7078
590	77085	77093	77100	77107	77115	77122	77129	77137	77144	77151
1	7159	7166	7173	7181	7188	7195	7203	7210	7217	7225
2	7232	7240	7247	7254	7262	7269	7276	7283	7291	7298
3	7305	7313	7320	7327	7335	7342	7349	7357	7364	7371
4	7379	7386	7393	7401	7408	7415	7422	7430	7437	7444
5	7452	7459	7466	7474	7481	7488	7495	7503	7510	7517
6	7525	7532	7539	7546	7554	7561	7568	7576	7583	7590
7	7597	7605	7612	7619	7627	7634	7641	7648	7656	7663
8	7670	7677	7685	7692	7699	7706	7714	7721	7728	7735
9	7743	7750	7757	7764	7772	7779	7786	7793	7801	7808
600	77815	77822	77830	77837	77844	77851	77859	77866	77873	77880

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
600	77815	77822	77830	77837	77844	77851	77859	77866	77873	77880
1	7887	7895	7902	7909	7916	7924	7931	7938	7945	7952
2	7960	7967	7974	7981	7988	7996	8003	8010	8017	8025
3	8032	8039	8046	8053	8061	8068	8075	8082	8089	8097
4	8104	8111	8118	8125	8132	8140	8147	8154	8161	8168
5	8176	8183	8190	8197	8204	8211	8219	8226	8233	8240
6	8247	8254	8262	8269	8276	8283	8290	8297	8305	8312
7	8319	8326	8333	8340	8347	8355	8362	8369	8376	8383
8	8390	8398	8405	8412	8419	8426	8433	8440	8447	8455
9	8462	8469	8476	8483	8490	8497	8504	8512	8519	8526
610	78533	78540	78547	78554	78561	78569	78576	78583	78590	78597
1	8604	8611	8618	8625	8633	8640	8647	8654	8661	8668
2	8675	8682	8689	8696	8704	8711	8718	8725	8732	8739
3	8746	8753	8760	8767	8774	8781	8789	8796	8803	8810
4	8817	8824	8831	8838	8845	8852	8859	8866	8873	8880
5	8888	8895	8902	8909	8916	8923	8930	8937	8944	8951
6	8958	8965	8972	8979	8986	8993	9000	9007	9014	9021
7	9029	9036	9043	9050	9057	9064	9071	9078	9085	9092
8	9099	9106	9113	9120	9127	9134	9141	9148	9155	9162
9	9169	9176	9183	9190	9197	9204	9211	9218	9225	9232
620	79239	79246	79253	79260	79267	79274	79281	79288	79295	79302
1	9309	9316	9323	9330	9337	9344	9351	9358	9365	9372
2	9379	9386	9393	9400	9407	9414	9421	9428	9435	9442
3	9449	9456	9463	9470	9477	9484	9491	9498	9505	9511
4	9518	9525	9532	9539	9546	9553	9560	9567	9574	9581
5	9588	9595	9602	9609	9616	9623	9630	9637	9644	9650
6	9657	9664	9671	9678	9685	9692	9699	9706	9713	9720
7	9727	9734	9741	9748	9754	9761	9768	9775	9782	9789
8	9796	9803	9810	9817	9824	9831	9837	9844	9851	9858
9	9865	9872	9879	9886	9893	9900	9906	9913	9920	9927
630	79934	79941	79948	79955	79962	79969	79975	79982	79989	79996
1	80003	80010	80017	80024	80030	80037	80044	80051	80058	80065
2	0072	0079	0085	0092	0099	0106	0113	0120	0127	0134
3	0140	0147	0154	0161	0168	0175	0182	0188	0195	0202
4	0209	0216	0223	0229	0236	0243	0250	0257	0264	0271
5	0277	0284	0291	0298	0305	0312	0318	0325	0332	0339
6	0346	0353	0359	0366	0373	0380	0387	0393	0400	0407
7	0414	0421	0428	0434	0441	0448	0455	0462	0468	0475
8	0482	0489	0496	0502	0509	0516	0523	0530	0536	0543
9	0550	0557	0564	0570	0577	0584	0591	0598	0604	0611
640	80618	80625	80632	80638	80645	80652	80659	80665	80672	80679
1	0686	0693	0699	0706	0713	0720	0726	0733	0740	0747
2	0754	0760	0767	0774	0781	0787	0794	0801	0808	0814
3	0821	0828	0835	0841	0848	0855	0862	0868	0875	0882
4	0889	0895	0902	0909	0916	0922	0929	0936	0943	0949
5	0956	0963	0969	0976	0983	0990	0996	1003	1010	1017
6	1023	1030	1037	1043	1050	1057	1064	1070	1077	1084
7	1090	1097	1104	1111	1117	1124	1131	1137	1144	1151
8	1158	1164	1171	1178	1184	1191	1198	1204	1211	1218
9	1224	1231	1238	1245	1251	1258	1265	1271	1278	1285
650	81291	81298	81305	81311	81318	81325	81331	81338	81345	81351

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
650	81291	81298	81305	81311	81318	81325	81331	81338	81345	81351
1	1358	1365	1371	1378	1385	1391	1398	1405	1411	1418
2	1425	1431	1438	1445	1451	1458	1465	1471	1478	1485
3	1491	1498	1505	1511	1518	1525	1531	1538	1544	1551
4	1558	1564	1571	1578	1584	1591	1598	1604	1611	1617
5	1624	1631	1637	1644	1651	1657	1664	1671	1677	1684
6	1690	1697	1704	1710	1717	1723	1730	1737	1743	1750
7	1757	1763	1770	1776	1783	1790	1796	1803	1809	1816
8	1823	1829	1836	1842	1849	1856	1862	1869	1875	1882
9	1889	1895	1902	1908	1915	1921	1928	1935	1941	1948
660	81954	81961	81968	81974	81981	81987	81994	82000	82007	82014
1	2020	2027	2033	2040	2046	2053	2060	2066	2073	2079
2	2086	2092	2099	2105	2112	2119	2125	2132	2138	2145
3	2151	2158	2164	2171	2178	2184	2191	2197	2204	2210
4	2217	2223	2230	2236	2243	2249	2256	2263	2269	2276
5	2282	2289	2295	2302	2308	2315	2321	2328	2334	2341
6	2347	2354	2360	2367	2373	2380	2387	2393	2400	2406
7	2413	2419	2426	2432	2439	2445	2452	2458	2465	2471
8	2478	2484	2491	2497	2504	2510	2517	2523	2530	2536
9	2543	2549	2556	2562	2569	2575	2582	2588	2595	2601
670	82607	82614	82620	82627	82633	82640	82646	82653	82659	82666
1	2672	2679	2685	2692	2698	2705	2711	2718	2724	2730
2	2737	2743	2750	2756	2763	2769	2776	2782	2789	2795
3	2802	2808	2814	2821	2827	2834	2840	2847	2853	2860
4	2866	2872	2879	2885	2892	2898	2905	2911	2918	2924
5	2930	2937	2943	2950	2956	2963	2969	2975	2982	2988
6	2995	3001	3008	3014	3020	3027	3033	3040	3046	3052
7	3059	3065	3072	3078	3085	3091	3097	3104	3110	3117
8	3123	3129	3136	3142	3149	3155	3161	3168	3174	3181
9	3187	3193	3200	3206	3213	3219	3225	3232	3238	3245
680	83251	83257	83264	83270	83276	83283	83289	83296	83302	83308
1	3315	3321	3327	3334	3340	3347	3353	3359	3366	3372
2	3378	3385	3391	3398	3404	3410	3417	3423	3429	3436
3	3442	3448	3455	3461	3467	3474	3480	3487	3493	3499
4	3506	3512	3518	3525	3531	3537	3544	3550	3556	3563
5	3569	3575	3582	3588	3594	3601	3607	3613	3620	3626
6	3632	3639	3645	3651	3658	3664	3670	3677	3683	3689
7	3696	3702	3708	3715	3721	3727	3734	3740	3746	3753
8	3759	3765	3771	3778	3784	3790	3797	3803	3809	3816
9	3822	3828	3835	3841	3847	3853	3860	3866	3872	3879
690	83885	83891	83897	83904	83910	83916	83923	83929	83935	83942
1	3948	3954	3960	3967	3973	3979	3985	3992	3998	4004
2	4011	4017	4023	4029	4036	4042	4048	4055	4061	4067
3	4073	4080	4086	4092	4098	4105	4111	4117	4123	4130
4	4136	4142	4148	4155	4161	4167	4173	4180	4186	4192
5	4198	4205	4211	4217	4223	4230	4236	4242	4248	4255
6	4261	4267	4273	4280	4286	4292	4298	4305	4311	4317
7	4323	4330	4336	4342	4348	4354	4361	4367	4373	4379
8	4386	4392	4398	4404	4410	4417	4423	4429	4435	4442
9	4448	4454	4460	4466	4473	4479	4485	4491	4497	4504
700	84510	84516	84522	84528	84535	84541	84547	84553	84559	84566

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
700	84510	84516	84522	84528	84535	84541	84547	84553	84559	84566
1	4572	4578	4584	4590	4597	4603	4609	4615	4621	4628
2	4634	4640	4646	4652	4658	4665	4671	4677	4683	4689
3	4696	4702	4708	4714	4720	4726	4733	4739	4745	4751
4	4757	4763	4770	4776	4782	4788	4794	4800	4807	4813
5	4819	4825	4831	4837	4844	4850	4856	4862	4868	4874
6	4880	4887	4893	4899	4905	4911	4917	4924	4930	4936
7	4942	4948	4954	4960	4967	4973	4979	4985	4991	4997
8	5003	5009	5016	5022	5028	5034	5040	5046	5052	5058
9	5065	5071	5077	5083	5089	5095	5101	5107	5114	5120
710	85126	85132	85138	85144	85150	85156	85163	85169	85175	85181
1	5187	5193	5199	5205	5211	5217	5224	5230	5236	5242
2	5248	5254	5260	5266	5272	5278	5285	5291	5297	5303
3	5309	5315	5321	5327	5333	5339	5345	5352	5358	5364
4	5370	5376	5382	5388	5394	5400	5406	5412	5418	5425
5	5431	5437	5443	5449	5455	5461	5467	5473	5479	5485
6	5491	5497	5503	5509	5516	5522	5528	5534	5540	5546
7	5552	5558	5564	5570	5576	5582	5588	5594	5600	5606
8	5612	5618	5625	5631	5637	5643	5649	5655	5661	5667
9	5673	5679	5685	5691	5697	5703	5709	5715	5721	5727
720	85733	85739	85745	85751	85757	85763	85769	85775	85781	85788
1	5794	5800	5806	5812	5818	5824	5830	5836	5842	5848
2	5854	5860	5866	5872	5878	5884	5890	5896	5902	5908
3	5914	5920	5926	5932	5938	5944	5950	5956	5962	5968
4	5974	5980	5986	5992	5998	6004	6010	6016	6022	6028
5	6034	6040	6046	6052	6058	6064	6070	6076	6082	6088
6	6094	6100	6106	6112	6118	6124	6130	6136	6141	6147
7	6153	6159	6165	6171	6177	6183	6189	6195	6201	6207
8	6213	6219	6225	6231	6237	6243	6249	6255	6261	6267
9	6273	6279	6285	6291	6297	6303	6308	6314	6320	6326
730	86332	86338	86344	86350	86356	86362	86368	86374	86380	86386
1	6392	6398	6404	6410	6415	6421	6427	6433	6439	6445
2	6451	6457	6463	6469	6475	6481	6487	6493	6499	6504
3	6510	6516	6522	6528	6534	6540	6546	6552	6558	6564
4	6570	6576	6581	6587	6593	6599	6605	6611	6617	6623
5	6629	6635	6641	6646	6652	6658	6664	6670	6676	6682
6	6688	6694	6700	6705	6711	6717	6723	6729	6735	6741
7	6747	6753	6759	6764	6770	6776	6782	6788	6794	6800
8	6806	6812	6817	6823	6829	6835	6841	6847	6853	6859
9	6864	6870	6876	6882	6888	6894	6900	6906	6911	6917
740	86923	86929	86935	86941	86947	86953	86958	86964	86970	86976
1	6982	6988	6994	6999	7005	7011	7017	7023	7029	7035
2	7040	7046	7052	7058	7064	7070	7075	7081	7087	7093
3	7099	7105	7111	7116	7122	7128	7134	7140	7146	7151
4	7157	7163	7169	7175	7181	7186	7192	7198	7204	7210
5	7216	7221	7227	7233	7239	7245	7251	7256	7262	7268
6	7274	7280	7286	7291	7297	7303	7309	7315	7320	7326
7	7332	7338	7344	7349	7355	7361	7367	7373	7379	7384
8	7390	7396	7402	7408	7413	7419	7425	7431	7437	7442
9	7448	7454	7460	7466	7471	7477	7483	7489	7495	7500
750	87506	87512	87518	87523	87529	87535	87541	87547	87552	87558

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
750	87506	87512	87518	87523	87529	87535	87541	87547	87552	87558
1	7564	7570	7576	7581	7587	7593	7599	7604	7610	7616
2	7622	7628	7633	7639	7645	7651	7656	7662	7668	7674
3	7679	7685	7691	7697	7703	7708	7714	7720	7726	7731
4	7737	7743	7749	7754	7760	7766	7772	7777	7783	7789
5	7795	7800	7806	7812	7818	7823	7829	7835	7841	7846
6	7852	7858	7864	7869	7875	7881	7887	7892	7898	7904
7	7910	7915	7921	7927	7933	7938	7944	7950	7955	7961
8	7967	7973	7978	7984	7990	7996	8001	8007	8013	8018
9	8024	8030	8036	8041	8047	8053	8058	8064	8070	8076
760	88081	88087	88093	88098	88104	88110	88116	88121	88127	88133
1	8138	8144	8150	8156	8161	8167	8173	8178	8184	8190
2	8195	8201	8207	8213	8218	8224	8230	8235	8241	8247
3	8252	8258	8264	8270	8275	8281	8287	8292	8298	8304
4	8309	8315	8321	8326	8332	8338	8343	8349	8355	8360
5	8366	8372	8377	8383	8389	8395	8400	8406	8412	8417
6	8423	8429	8434	8440	8446	8451	8457	8463	8468	8474
7	8480	8485	8491	8497	8502	8508	8513	8519	8525	8530
8	8536	8542	8547	8553	8559	8564	8570	8576	8581	8587
9	8593	8598	8604	8610	8615	8621	8627	8632	8638	8643
770	88649	88655	88660	88666	88672	88677	88683	88689	88694	88700
1	8705	8711	8717	8722	8728	8734	8739	8745	8750	8756
2	8762	8767	8773	8779	8784	8790	8795	8801	8807	8812
3	8818	8824	8829	8835	8840	8846	8852	8857	8863	8868
4	8874	8880	8885	8891	8897	8902	8908	8913	8919	8925
5	8930	8936	8941	8947	8953	8958	8964	8969	8975	8981
6	8986	8992	8997	9003	9009	9014	9020	9025	9031	9037
7	9042	9048	9053	9059	9064	9070	9076	9081	9087	9092
8	9098	9104	9109	9115	9120	9126	9131	9137	9143	9148
9	9154	9159	9165	9170	9176	9182	9187	9193	9198	9204
780	89209	89215	89221	89226	89232	89237	89243	89248	89254	89260
1	9265	9271	9276	9282	9287	9293	9298	9304	9310	9315
2	9321	9326	9332	9337	9343	9348	9354	9360	9365	9371
3	9376	9382	9387	9393	9398	9404	9409	9415	9421	9426
4	9432	9437	9443	9448	9454	9459	9465	9470	9476	9481
5	9487	9492	9498	9504	9509	9515	9520	9526	9531	9537
6	9542	9548	9553	9559	9564	9570	9575	9581	9586	9592
7	9597	9603	9609	9614	9620	9625	9631	9636	9642	9647
8	9653	9658	9664	9669	9675	9680	9686	9691	9697	9702
9	9708	9713	9719	9724	9730	9735	9741	9746	9752	9757
790	89763	89768	89774	89779	89785	89790	89796	89801	89807	89812
1	9818	9823	9829	9834	9840	9845	9851	9856	9862	9867
2	9873	9878	9883	9889	9894	9900	9905	9911	9916	9922
3	9927	9933	9938	9944	9949	9955	9960	9966	9971	9977
4	9982	9988	9993	9998	90004	90009	90015	90020	90026	90031
5	90037	90042	90048	90053	0059	0064	0069	0075	0080	0086
6	0091	0097	0102	0108	0113	0119	0124	0129	0135	0140
7	0146	0151	0157	0162	0168	0173	0179	0184	0189	0195
8	0200	0206	0211	0217	0222	0227	0233	0238	0244	0249
9	0255	0260	0266	0271	0276	0282	0287	0293	0298	0304
800	90309	90314	90320	90325	90331	90336	90342	90347	90352	90358

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
800	90309	90314	90320	90325	90331	90336	90342	90347	90352	90358
1	0363	0369	0374	0380	0385	0390	0396	0401	0407	0412
2	0417	0423	0428	0434	0439	0445	0450	0455	0461	0466
3	0472	0477	0482	0488	0493	0499	0504	0509	0515	0520
4	0526	0531	0536	0542	0547	0553	0558	0563	0569	0574
5	0580	0585	0590	0596	0601	0607	0612	0617	0623	0628
6	0634	0639	0644	0650	0655	0660	0666	0671	0677	0682
7	0687	0693	0698	0703	0709	0714	0720	0725	0730	0736
8	0741	0747	0752	0757	0763	0768	0773	0779	0784	0789
9	0795	0800	0806	0811	0816	0822	0827	0832	0838	0843
810	90849	90854	90859	90865	90870	90875	90881	90886	90891	90897
1	0902	0907	0913	0918	0924	0929	0934	0940	0945	0950
2	0956	0961	0966	0972	0977	0982	0988	0993	0998	1004
3	1009	1014	1020	1025	1030	1036	1041	1046	1052	1057
4	1062	1068	1073	1078	1084	1089	1094	1100	1105	1110
5	1116	1121	1126	1132	1137	1142	1148	1153	1158	1164
6	1169	1174	1180	1185	1190	1196	1201	1206	1212	1217
7	1222	1228	1233	1238	1243	1249	1254	1259	1265	1270
8	1275	1281	1286	1291	1297	1302	1307	1312	1318	1323
9	1328	1334	1339	1344	1350	1355	1360	1365	1371	1376
820	91381	91387	91392	91397	91403	91408	91413	91418	91424	91429
1	1434	1440	1445	1450	1455	1461	1466	1471	1477	1482
2	1487	1492	1498	1503	1508	1514	1519	1524	1529	1535
3	1540	1545	1551	1556	1561	1566	1572	1577	1582	1587
4	1593	1598	1603	1609	1614	1619	1624	1630	1635	1640
5	1645	1651	1656	1661	1666	1672	1677	1682	1687	1693
6	1698	1703	1709	1714	1719	1724	1730	1735	1740	1745
7	1751	1756	1761	1766	1772	1777	1782	1787	1793	1798
8	1803	1808	1814	1819	1824	1829	1834	1840	1845	1850
9	1855	1861	1866	1871	1876	1882	1887	1892	1897	1903
830	91908	91913	91918	91924	91929	91934	91939	91944	91950	91955
1	1960	1965	1971	1976	1981	1986	1991	1997	2002	2007
2	2012	2018	2023	2028	2033	2038	2044	2049	2054	2059
3	2065	2070	2075	2080	2085	2091	2096	2101	2106	2111
4	2117	2122	2127	2132	2137	2143	2148	2153	2158	2163
5	2169	2174	2179	2184	2189	2195	2200	2205	2210	2215
6	2221	2226	2231	2236	2241	2247	2252	2257	2262	2267
7	2273	2278	2283	2288	2293	2298	2304	2309	2314	2319
8	2324	2330	2335	2340	2345	2350	2355	2361	2366	2371
9	2376	2381	2387	2392	2397	2402	2407	2412	2418	2423
840	92428	92433	92438	92443	92449	92454	92459	92464	92469	92474
1	2480	2485	2490	2495	2500	2505	2511	2516	2521	2526
2	2531	2536	2542	2547	2552	2557	2562	2567	2572	2578
3	2583	2588	2593	2598	2603	2609	2614	2619	2624	2629
4	2634	2639	2645	2650	2655	2660	2665	2670	2675	2681
5	2686	2691	2696	2701	2706	2711	2716	2722	2727	2732
6	2737	2742	2747	2752	2758	2763	2768	2773	2778	2783
7	2788	2793	2799	2804	2809	2814	2819	2824	2829	2834
8	2840	2845	2850	2855	2860	2865	2870	2875	2881	2886
9	2891	2896	2901	2906	2911	2916	2921	2927	2932	2937
850	92942	92947	92952	92957	92962	92967	92973	92978	92983	92988

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
850	92942	92947	92952	92957	92962	92967	92973	92978	92983	92988
1	2993	2998	3003	3008	3013	3018	3024	3029	3034	3039
2	3044	3049	3054	3059	3064	3069	3075	3080	3085	3090
3	3095	3100	3105	3110	3115	3120	3125	3131	3136	3141
4	3146	3151	3156	3161	3166	3171	3176	3181	3186	3192
5	3197	3202	3207	3212	3217	3222	3227	3232	3237	3242
6	3247	3252	3258	3263	3268	3273	3278	3283	3288	3293
7	3298	3303	3308	3313	3318	3323	3328	3334	3339	3344
8	3349	3354	3359	3364	3369	3374	3379	3384	3389	3394
9	3399	3404	3409	3414	3420	3425	3430	3435	3440	3445
860	93450	93455	93460	93465	93470	93475	93480	93485	93490	93495
1	3500	3505	3510	3515	3520	3526	3531	3536	3541	3546
2	3551	3556	3561	3566	3571	3576	3581	3586	3591	3596
3	3601	3606	3611	3616	3621	3626	3631	3636	3641	3646
4	3651	3656	3661	3666	3671	3676	3682	3687	3692	3697
5	3702	3707	3712	3717	3722	3727	3732	3737	3742	3747
6	3752	3757	3762	3767	3772	3777	3782	3787	3792	3797
7	3802	3807	3812	3817	3822	3827	3832	3837	3842	3847
8	3852	3857	3862	3867	3872	3877	3882	3887	3892	3897
9	3902	3907	3912	3917	3922	3927	3932	3937	3942	3947
870	93952	93957	93962	93967	93972	93977	93982	93987	93992	93997
1	4002	4007	4012	4017	4022	4027	4032	4037	4042	4047
2	4052	4057	4062	4067	4072	4077	4082	4086	4091	4096
3	4101	4106	4111	4116	4121	4126	4131	4136	4141	4146
4	4151	4156	4161	4166	4171	4176	4181	4186	4191	4196
5	4201	4206	4211	4216	4221	4226	4231	4236	4240	4245
6	4250	4255	4260	4265	4270	4275	4280	4285	4290	4295
7	4300	4305	4310	4315	4320	4325	4330	4335	4340	4345
8	4349	4354	4359	4364	4369	4374	4379	4384	4389	4394
9	4399	4404	4409	4414	4419	4424	4429	4433	4438	4443
880	94448	94453	94458	94463	94468	94473	94478	94483	94488	94493
1	4498	4503	4507	4512	4517	4522	4527	4532	4537	4542
2	4547	4552	4557	4562	4567	4571	4576	4581	4586	4591
3	4596	4601	4606	4611	4616	4621	4626	4630	4635	4640
4	4645	4650	4655	4660	4665	4670	4675	4680	4685	4689
5	4694	4699	4704	4709	4714	4719	4724	4729	4734	4738
6	4743	4748	4753	4758	4763	4768	4773	4778	4783	4787
7	4792	4797	4802	4807	4812	4817	4822	4827	4832	4836
8	4841	4846	4851	4856	4861	4866	4871	4876	4880	4885
9	4890	4895	4900	4905	4910	4915	4919	4924	4929	4934
890	94939	94944	94949	94954	94959	94963	94968	94973	94978	94983
1	4988	4993	4998	5002	5007	5012	5017	5022	5027	5032
2	5036	5041	5046	5051	5056	5061	5066	5071	5075	5080
3	5085	5090	5095	5100	5105	5109	5114	5119	5124	5129
4	5134	5139	5143	5148	5153	5158	5163	5168	5173	5177
5	5182	5187	5192	5197	5202	5207	5211	5216	5221	5226
6	5231	5236	5240	5245	5250	5255	5260	5265	5270	5274
7	5279	5284	5289	5294	5299	5303	5308	5313	5318	5323
8	5328	5332	5337	5342	5347	5352	5357	5361	5366	5371
9	5376	5381	5386	5390	5395	5400	5405	5410	5415	5419
900	95424	95429	95434	95439	95444	95448	95453	95458	95463	95468

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
900	95424	95429	95434	95439	95444	95448	95453	95458	95463	95468
1	5472	5477	5482	5487	5492	5497	5501	5506	5511	5516
2	5521	5525	5530	5535	5540	5545	5550	5554	5559	5564
3	5569	5574	5578	5583	5588	5593	5598	5602	5607	5612
4	5617	5622	5626	5631	5636	5641	5646	5650	5655	5660
5	5665	5670	5674	5679	5684	5689	5694	5698	5703	5708
6	5713	5718	5722	5727	5732	5737	5742	5746	5751	5756
7	5761	5766	5770	5775	5780	5785	5789	5794	5799	5804
8	5809	5813	5818	5823	5828	5832	5837	5842	5847	5852
9	5856	5861	5866	5871	5875	5880	5885	5890	5895	5899
910	95904	95909	95914	95918	95923	95928	95933	95938	95942	95947
1	5952	5957	5961	5966	5971	5976	5980	5985	5990	5995
2	5999	6004	6009	6014	6019	6023	6028	6033	6038	6042
3	6047	6052	6057	6061	6066	6071	6076	6080	6085	6090
4	6095	6099	6104	6109	6114	6118	6123	6128	6133	6137
5	6142	6147	6152	6156	6161	6166	6171	6175	6180	6185
6	6190	6194	6199	6204	6209	6213	6218	6223	6227	6232
7	6237	6242	6246	6251	6256	6261	6265	6270	6275	6280
8	6284	6289	6294	6298	6303	6308	6313	6317	6322	6327
9	6332	6336	6341	6346	6350	6355	6360	6365	6369	6374
920	96379	96384	96388	96393	96398	96402	96407	96412	96417	96421
1	6426	6431	6435	6440	6445	6450	6454	6459	6464	6468
2	6473	6478	6483	6487	6492	6497	6501	6506	6511	6515
3	6520	6525	6530	6534	6539	6544	6548	6553	6558	6562
4	6567	6572	6577	6581	6586	6591	6595	6600	6605	6609
5	6614	6619	6624	6628	6633	6638	6642	6647	6652	6656
6	6661	6666	6670	6675	6680	6685	6689	6694	6699	6703
7	6708	6713	6717	6722	6727	6731	6736	6741	6745	6750
8	6755	6759	6764	6769	6774	6778	6783	6788	6792	6797
9	6802	6806	6811	6816	6820	6825	6830	6834	6839	6844
930	96848	96853	96858	96862	96867	96872	96876	96881	96886	96890
1	6895	6900	6904	6909	6914	6918	6923	6928	6932	6937
2	6942	6946	6951	6956	6960	6965	6970	6974	6979	6984
3	6988	6993	6997	7002	7007	7011	7016	7021	7025	7030
4	7035	7039	7044	7049	7053	7058	7063	7067	7072	7077
5	7081	7086	7090	7095	7100	7104	7109	7114	7118	7123
6	7128	7132	7137	7142	7146	7151	7155	7160	7165	7169
7	7174	7179	7183	7188	7192	7197	7202	7206	7211	7216
8	7220	7225	7230	7234	7239	7243	7248	7253	7257	7262
9	7267	7271	7276	7280	7285	7290	7294	7299	7304	7308
940	97313	97317	97322	97327	97331	97336	97340	97345	97350	97354
1	7359	7364	7368	7373	7377	7382	7387	7391	7396	7400
2	7405	7410	7414	7419	7424	7428	7433	7437	7442	7447
3	7451	7456	7460	7465	7470	7474	7479	7483	7488	7493
4	7497	7502	7506	7511	7516	7520	7525	7529	7534	7539
5	7543	7548	7552	7557	7562	7566	7571	7575	7580	7585
6	7589	7594	7598	7603	7607	7612	7617	7621	7626	7630
7	7635	7640	7644	7649	7653	7658	7663	7667	7672	7676
8	7681	7685	7690	7695	7699	7704	7708	7713	7717	7722
9	7727	7731	7736	7740	7745	7749	7754	7759	7763	7768
950	97772	97777	97782	97786	97791	97795	97800	97804	97809	97813

N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
950	97772	97777	97782	97786	97791	97795	97800	97804	97809	97813
1	7818	7823	7827	7832	7836	7841	7845	7850	7855	7859
2	7864	7868	7873	7877	7882	7886	7891	7896	7900	7905
3	7909	7914	7918	7923	7928	7932	7937	7941	7946	7950
4	7955	7959	7964	7968	7973	7978	7982	7987	7991	7996
5	8000	8005	8009	8014	8019	8023	8028	8032	8037	8041
6	8046	8050	8055	8059	8064	8068	8073	8078	8082	8087
7	8091	8096	8100	8105	8109	8114	8118	8123	8127	8132
8	8137	8141	8146	8150	8155	8159	8164	8168	8173	8177
9	8182	8186	8191	8195	8200	8204	8209	8214	8218	8223
960	98227	98232	98236	98241	98245	98250	98254	98259	98263	98268
1	8272	8277	8281	8286	8290	8295	8299	8304	8308	8313
2	8318	8322	8327	8331	8336	8340	8345	8349	8354	8358
3	8363	8367	8372	8376	8381	8385	8390	8394	8399	8403
4	8408	8412	8417	8421	8426	8430	8435	8439	8444	8448
5	8453	8457	8462	8466	8471	8475	8480	8484	8489	8493
6	8498	8502	8507	8511	8516	8520	8525	8529	8534	8538
7	8543	8547	8552	8556	8561	8565	8570	8574	8579	8583
8	8588	8592	8597	8601	8605	8610	8614	8619	8623	8628
9	8632	8637	8641	8646	8650	8655	8659	8664	8668	8673
970	98677	98682	98686	98691	98695	98700	98704	98709	98713	98717
1	8722	8726	8731	8735	8740	8744	8749	8753	8758	8762
2	8767	8771	8776	8780	8784	8789	8793	8798	8802	8807
3	8811	8816	8820	8825	8829	8834	8838	8843	8847	8851
4	8856	8860	8865	8869	8874	8878	8883	8887	8892	8896
5	8900	8905	8909	8914	8918	8923	8927	8932	8936	8941
6	8945	8949	8954	8958	8963	8967	8972	8976	8981	8985
7	8989	8994	8998	9003	9007	9012	9016	9021	9025	9029
8	9034	9038	9043	9047	9052	9056	9061	9065	9069	9074
9	9078	9083	9087	9092	9096	9100	9105	9109	9114	9118
980	99123	99127	99131	99136	99140	99145	99149	99154	99158	99162
1	9167	9171	9176	9180	9185	9189	9193	9198	9202	9207
2	9211	9216	9220	9224	9229	9233	9238	9242	9247	9251
3	9255	9260	9264	9269	9273	9277	9282	9286	9291	9295
4	9300	9304	9308	9313	9317	9322	9326	9330	9335	9339
5	9344	9348	9352	9357	9361	9366	9370	9374	9379	9383
6	9388	9392	9396	9401	9405	9410	9414	9419	9423	9427
7	9432	9436	9441	9445	9449	9454	9458	9463	9467	9471
8	9476	9480	9484	9489	9493	9498	9502	9506	9511	9515
9	9520	9524	9528	9533	9537	9542	9546	9550	9555	9559
990	99564	99568	99572	99577	99581	99585	99590	99594	99599	99603
1	9607	9612	9616	9621	9625	9629	9634	9638	9642	9647
2	9651	9656	9660	9664	9669	9673	9677	9682	9686	9691
3	9695	9699	9704	9708	9712	9717	9721	9726	9730	9734
4	9739	9743	9747	9752	9756	9760	9765	9769	9774	9778
5	9782	9787	9791	9795	9800	9804	9808	9813	9817	9822
6	9826	9830	9835	9839	9843	9848	9852	9856	9861	9865
7	9870	9874	9878	9883	9887	9891	9896	9900	9904	9909
8	9913	9917	9922	9926	9930	9935	9939	9944	9948	9952
9	9957	9961	9965	9970	9974	9978	9983	9987	9991	9996
1000	00000	00004	00009	00013	00017	00022	00026	00030	00035	00039

	0°				1°				
′	Sen.	Cos.	Tan.	Cot.	Sen.	Cos.	Tan.	Cot.	′
0	.00000	One	.00000	Infinite	.01745	.99985	.01746	57.2900	60
1	.00029	One	.00029	3437.75	.01774	.99984	.01775	56.3506	59
2	.00058	One	.00058	1718.87	.01803	.99984	.01804	55.4415	58
3	.00087	One	.00087	1145.92	.01832	.99983	.01833	54.5613	57
4	.00116	One	.00116	859.436	.01862	.99983	.01862	53.7086	56
5	.00145	One	.00145	687.549	.01891	.99982	.01891	52.8821	55
6	.00175	One	.00175	572.957	.01920	.99982	.01920	52.0807	54
7	.00204	One	.00204	491.106	.01949	.99981	.01949	51.3032	53
8	.00233	One	.00233	429.718	.01978	.99980	.01978	50.5485	52
9	.00262	One	.00262	381.971	.02007	.99980	.02007	49.8157	51
10	.00291	One	.00291	343.774	.02036	.99979	.02036	49.1039	50
11	.00320	.99999	.00320	312.521	.02065	.99979	.02066	48.4121	49
12	.00349	.99999	.00349	286.478	.02094	.99978	.02095	47.7395	48
13	.00378	.99999	.00378	264.441	.02123	.99977	.02124	47.0853	47
14	.00407	.99999	.00407	245.552	.02152	.99977	.02153	46.4489	46
15	.00436	.99999	.00436	229.182	.02181	.99976	.02182	45.8294	45
16	.00465	.99999	.00465	214.858	.02211	.99976	.02211	45.2261	44
17	.00495	.99999	.00495	202.219	.02240	.99975	.02240	44.6386	43
18	.00524	.99999	.00524	190.984	.02269	.99974	.02269	44.0661	42
19	.00553	.99998	.00553	180.932	.02298	.99974	.02298	43.5081	41
20	.00582	.99998	.00582	171.885	.02327	.99973	.02328	42.9641	40
21	.00611	.99998	.00611	163.700	.02356	.99972	.02357	42.4335	39
22	.00640	.99998	.00640	156.259	.02385	.99972	.02386	41.9158	38
23	.00669	.99998	.00669	149.465	.02414	.99971	.02415	41.4106	37
24	.00698	.99998	.00698	143.237	.02443	.99970	.02444	40.9174	36
25	.00727	.99997	.00727	137.507	.02472	.99969	.02473	40.4358	35
26	.00756	.99997	.00756	132.219	.02501	.99969	.02502	39.9655	34
27	.00785	.99997	.00785	127.321	.02530	.99968	.02531	39.5059	33
28	.00814	.99997	.00815	122.774	.02560	.99967	.02560	39.0568	32
29	.00844	.99996	.00844	118.540	.02589	.99966	.02589	38.6177	31
30	.00873	.99996	.00873	114.589	.02618	.99966	.02619	38.1885	30
31	.00902	.99996	.00902	110.892	.02647	.99965	.02648	37.7686	29
32	.00931	.99996	.00931	107.426	.02676	.99964	.02677	37.3579	28
33	.00960	.99995	.00960	104.171	.02705	.99963	.02706	36.9560	27
34	.00989	.99995	.00989	101.107	.02734	.99963	.02735	36.5627	26
35	.01018	.99995	.01018	98.2179	.02763	.99962	.02764	36.1776	25
36	.01047	.99995	.01047	95.4895	.02792	.99961	.02793	35.8006	24
37	.01076	.99994	.01076	92.9085	.02821	.99960	.02822	35.4313	23
38	.01105	.99994	.01105	90.4633	.02850	.99959	.02851	35.0695	22
39	.01134	.99994	.01135	88.1436	.02879	.99959	.02881	34.7151	21
40	.01164	.99993	.01164	85.9398	.02908	.99958	.02910	34.3678	20
41	.01193	.99993	.01193	83.8435	.02938	.99957	.02939	34.0273	19
42	.01222	.99993	.01222	81.8470	.02967	.99956	.02968	33.6935	18
43	.01251	.99992	.01251	79.9434	.02996	.99955	.02997	33.3662	17
44	.01280	.99992	.01280	78.1263	.03025	.99954	.03026	33.0452	16
45	.01309	.99991	.01309	76.3900	.03054	.99953	.03055	32.7303	15
46	.01338	.99991	.01338	74.7292	.03083	.99952	.03084	32.4213	14
47	.01367	.99991	.01367	73.1390	.03112	.99952	.03114	32.1181	13
48	.01396	.99990	.01396	71.6151	.03141	.99951	.03143	31.8205	12
49	.01425	.99990	.01425	70.1533	.03170	.99950	.03172	31.5284	11
50	.01454	.99989	.01455	68.7501	.03199	.99940	.03201	31.2416	10
51	.01483	.99989	.01484	67.4019	.03228	.99948	.03230	30.9599	9
52	.01513	.99989	.01513	66.1055	.03257	.99947	.03259	30.6833	8
53	.01542	.99988	.01542	64.8580	.03286	.99946	.03280	30.4116	7
54	.01571	.99988	.01571	63.6567	.03316	.99945	.03317	30.1446	6
55	.01600	.99987	.01600	62.4992	.03345	.99944	.03346	29.8823	5
56	.01629	.99987	.01629	61.3829	.03374	.99943	.03370	29.6245	4
57	.01658	.99986	.01658	60.3058	.03403	.99942	.03405	29.3711	3
58	.01687	.99986	.01687	59.2659	.03432	.99941	.03434	29.1220	2
59	.01716	.99985	.01716	58.2612	.03461	.99940	.03463	28.8771	1
60	.01745	.99985	.01746	57.2900	.03490	.99939	.03492	28.6363	0
′	Cos.	Sen.	Cot.	Tan.	Cos.	Sen.	Cot.	Tan.	′
	89°				88°				

′	2° Sen.	Cos.	Tan.	Cot.	3° Sen.	Cos.	Tan.	Cot.	′
0	.03490	.99939	.03492	28.6363	.05234	.99863	.05241	19.0811	60
1	.03519	.99938	.03521	28.3994	.05263	.99861	.05270	18.9755	59
2	.03548	.99937	.03550	28.1664	.05292	.99860	.05299	18.8711	58
3	.03577	.99936	.03579	27.9372	.05321	.99858	.05328	18.7678	57
4	.03606	.99935	.03609	27.7117	.05350	.99857	.05357	18.6656	56
5	.03635	.99934	.03638	27.4899	.05379	.99855	.05387	18.5645	55
6	.03664	.99933	.03667	27.2715	.05408	.99854	.05416	18.4045	54
7	.03693	.99932	.03696	27.0566	.05437	.99852	.05445	18.3655	53
8	.03723	.99931	.03725	26.8450	.05466	.99851	.05474	18.2677	52
9	.03752	.99930	.03754	26.6367	.05495	.99849	.05503	18.1708	51
10	.03781	.99929	.03783	26.4316	.05524	.99847	.05533	18.0750	50
11	.03810	.99927	.03812	26.2296	.05553	.99846	.05562	17.9802	49
12	.03839	.99926	.03842	26.0307	.05582	.99844	.05591	17.8863	48
13	.03868	.99925	.03871	25.8348	.05611	.99842	.05620	17.7934	47
14	.03897	.99924	.03900	25.6418	.05640	.99841	.05649	17.7015	46
15	.03926	.99923	.03929	25.4517	.05669	.99839	.05678	17.6106	45
16	.03955	.99922	.03958	25.2644	.05698	.99838	.05708	17.5205	44
17	.03984	.99921	.03987	25.0798	.05727	.99836	.05737	17.4314	43
18	.04013	.99919	.04016	24.8978	.05756	.99834	.05766	17.3432	42
19	.04042	.99918	.04046	24.7185	.05785	.99833	.05795	17.2558	41
20	.04071	.99917	.04075	24.5418	.05814	.99831	.05824	17.1693	40
21	.04100	.99916	.04104	24.3675	.05844	.99829	.05854	17.0837	39
22	.04129	.99915	.04133	24.1957	.05873	.99827	.05883	16.9990	38
23	.04159	.99913	.04162	24.0263	.05902	.99826	.05912	16.9150	37
24	.04188	.99912	.04191	23.8593	.05931	.99824	.05941	16.8319	36
25	.04217	.99911	.04220	23.6945	.05960	.99822	.05970	16.7496	35
26	.04246	.99910	.04250	23.5321	.05989	.99821	.05999	16.6681	34
27	.04275	.99909	.04279	23.3718	.06018	.99819	.06029	16.5874	33
28	.04304	.99907	.04308	23.2137	.06047	.99817	.06058	16.5075	32
29	.04333	.99906	.04337	23.0577	.06076	.99815	.06087	16.4283	31
30	.04362	.99905	.04366	22.9038	.06105	.99813	.06116	16.3499	30
31	.04391	.99904	.04395	22.7519	.06134	.99812	.06145	16.2722	29
32	.04420	.99902	.04424	22.6020	.06163	.99810	.06175	16.1952	28
33	.04449	.99901	.04454	22.4541	.06192	.99808	.06204	16.1190	27
34	.04478	.99900	.04483	22.3081	.06221	.99806	.06233	16.0435	26
35	.04507	.99898	.04512	22.1640	.06250	.99804	.06262	15.9687	25
36	.04536	.99897	.04541	22.0217	.06279	.99803	.06291	15.8945	24
37	.04565	.99896	.04570	21.8813	.06308	.99801	.06321	15.8211	23
38	.04594	.99894	.04599	21.7426	.06337	.99799	.06350	15.7483	22
39	.04623	.99893	.04628	21.6056	.06366	.99797	.06379	15.6762	21
40	.04653	.99892	.04658	21.4704	.06395	.99795	.06408	15.6048	20
41	.04682	.99890	.04687	21.3369	.06424	.99793	.06437	15.5340	19
42	.04711	.99889	.04716	21.2049	.06453	.99792	.06467	15.4638	18
43	.04740	.99888	.04745	21.0747	.06482	.99790	.06496	15.3943	17
44	.04769	.99886	.04774	20.9460	.06511	.99788	.06525	15.3254	16
45	.04798	.99885	.04803	20.8188	.06540	.99786	.06554	15.2571	15
46	.04827	.99883	.04833	20.6932	.06569	.99784	.06584	15.1893	14
47	.04856	.99882	.04862	20.5691	.06598	.99782	.06613	15.1222	13
48	.04885	.99881	.04891	20.4465	.06627	.99780	.06642	15.0557	12
49	.04914	.99879	.04920	20.3253	.06656	.99778	.06671	14.9898	11
50	.04943	.99878	.04949	20.2056	.06685	.99776	.06700	14.9244	10
51	.04972	.99876	.04978	20.0872	.06714	.99774	.06730	14.8596	9
52	.05001	.99875	.05007	19.9702	.06743	.99772	.06759	14.7954	8
53	.05030	.99873	.05037	19.8546	.06773	.99770	.06788	14.7317	7
54	.05059	.99872	.05066	19.7403	.06802	.99768	.06817	14.6685	6
55	.05088	.99870	.05095	19.6273	.06831	.99766	.06847	14.6059	5
56	.05117	.99869	.05124	19.5156	.06860	.99764	.06876	14.5438	4
57	.05146	.99867	.05153	19.4051	.06889	.99762	.06905	14.4823	3
58	.05175	.99866	.05182	19.2959	.06918	.99760	.06934	14.4212	2
59	.05205	.99864	.05212	19.1879	.06947	.99758	.06963	14.3607	1
60	.05234	.99863	.05241	19.0811	.06976	.99756	.06993	14.3007	0
′	Cos.	Sen.	Cot.	Tan.	Cos.	Sen.	Cot.	Tan.	′
	87°				86°				

′	4° Sen.	4° Cos.	4° Tan.	4° Cot.	5° Sen.	5° Cos.	5° Tan.	5° Cot.	′
0	.06976	.99756	.06993	14.3007	.08716	.99619	.08749	11.4301	60
1	.07005	.99754	.07022	14.2411	.08745	.99617	.08778	11.3919	59
2	.07034	.99752	.07051	14.1821	.08774	.99614	.08807	11.3540	58
3	.07063	.99750	.07080	14.1235	.08803	.99612	.08837	11.3163	57
4	.07092	.99748	.07110	14.0655	.08831	.99609	.08866	11.2789	56
5	.07121	.99746	.07139	14.0079	.08860	.99607	.08895	11.2417	55
6	.07150	.99744	.07168	13.9507	.08889	.99604	.08925	11.2048	54
7	.07179	.99742	.07197	13.8940	.08918	.99602	.08954	11.1681	53
8	.07208	.99740	.07227	13.8378	.08947	.99599	.08983	11.1316	52
9	.07237	.99738	.07256	13.7821	.08976	.99596	.09013	11.0954	51
10	.07266	.99736	.07285	13.7267	.09005	.99594	.09042	11.0594	50
11	.07295	.99734	.07314	13.6719	.09034	.99591	.09071	11.0237	49
12	.07324	.99731	.07344	13.6174	.09063	.99588	.09101	10.9882	48
13	.07353	.99729	.07373	13.5634	.09092	.99586	.09130	10.9529	47
14	.07382	.99727	.07402	13.5098	.09121	.99583	.09159	10.9178	46
15	.07411	.99725	.07431	13.4566	.09150	.99580	.09189	10.8829	45
16	.07440	.99723	.07461	13.4039	.09179	.99578	.09218	10.8483	44
17	.07469	.99721	.07490	13.3515	.09208	.99575	.09247	10.8139	43
18	.07498	.99719	.07519	13.2996	.09237	.99572	.09277	10.7797	42
19	.07527	.99716	.07548	13.2480	.09266	.99570	.09306	10.7457	41
20	.07556	.99714	.07578	13.1969	.09295	.99567	.09335	10.7119	40
21	.07585	.99712	.07607	13.1461	.09324	.99564	.09365	10.6783	39
22	.07614	.99710	.07636	13.0958	.09353	.99562	.09394	10.6450	38
23	.07643	.99708	.07665	13.0458	.09382	.99559	.09423	10.6118	37
24	.07672	.99705	.07695	12.9962	.09411	.99556	.09453	10.5789	36
25	.07701	.99703	.07724	12.9469	.09440	.99553	.09482	10.5462	35
26	.07730	.99701	.07753	12.8981	.09469	.99551	.09511	10.5136	34
27	.07759	.99699	.07782	12.8496	.09498	.99548	.09541	10.4813	33
28	.07788	.99696	.07812	12.8014	.09527	.99545	.09570	10.4491	32
29	.07817	.99694	.07841	12.7536	.09556	.99542	.09600	10.4172	31
30	.07846	.99692	.07870	12.7062	.09585	.99540	.09629	10.3854	30
31	.07875	.99689	.07899	12.6591	.09614	.99537	.09658	10.3538	29
32	.07904	.99687	.07929	12.6124	.09642	.99534	.09688	10.3224	28
33	.07933	.99685	.07958	12.5660	.09671	.99531	.09717	10.2913	27
34	.07962	.99683	.07987	12.5199	.09700	.99528	.09746	10.2602	26
35	.07991	.99680	.08017	12.4742	.09729	.99526	.09776	10.2294	25
36	.08020	.99678	.08046	12.4288	.09758	.99523	.09805	10.1988	24
37	.08049	.99676	.08075	12.3838	.09787	.99520	.09834	10.1683	23
38	.08078	.99673	.08104	12.3390	.09816	.99517	.09864	10.1381	22
39	.08107	.99671	.08134	12.2946	.09845	.99514	.09893	10.1080	21
40	.08136	.99668	.08163	12.2505	.09874	.99511	.09923	10.0780	20
41	.08165	.99666	.08192	12.2067	.09903	.99508	.09952	10.0483	19
42	.08194	.99664	.08221	12.1632	.09932	.99506	.09981	10.0187	18
43	.08223	.99661	.08251	12.1201	.09961	.99503	.10011	9.98931	17
44	.08252	.99659	.08280	12.0772	.09990	.99500	.10040	9.96007	16
45	.08281	.99657	.08309	12.0346	.10019	.99497	.10069	9.93101	15
46	.08310	.99654	.08339	11.9923	.10048	.99494	.10099	9.90211	14
47	.08339	.99652	.08368	11.9504	.10077	.99491	.10128	9.87338	13
48	.08368	.99649	.08397	11.9087	.10106	.99488	.10158	9.84482	12
49	.08397	.99647	.08427	11.8673	.10135	.99485	.10187	9.81641	11
50	.08426	.99644	.08456	11.8262	.10164	.99482	.10216	9.78817	10
51	.08455	.99642	.08485	11.7853	.10192	.99479	.10246	9.76009	9
52	.08484	.99639	.08514	11.7448	.10221	.99476	.10275	9.73217	8
53	.08513	.99637	.08544	11.7045	.10250	.99473	.10305	9.70441	7
54	.08542	.99635	.08573	11.6645	.10279	.99470	.10334	9.67680	6
55	.08571	.99632	.08602	11.6248	.10308	.99467	.10363	9.64935	5
56	.08600	.99630	.08632	11.5853	.10337	.99464	.10393	9.62205	4
57	.08629	.99627	.08661	11.5461	.10366	.99461	.10422	9.59490	3
58	.08658	.99625	.08690	11.5072	.10395	.99458	.10452	9.56791	2
59	.08687	.99622	.08720	11.4685	.10424	.99455	.10481	9.54106	1
60	.08716	.99619	.08749	11.4301	.10453	.99452	.10510	9.51436	0
′	85° Cos.	85° Sen.	85° Cot.	85° Tan.	84° Cos.	84° Sen.	84° Cot.	84° Tan.	′

	6°				7°				
′	Sen.	Cos.	Tan.	Cot.	Sen.	Cos.	Tan.	Cot.	′
0	.10453	.99452	.10510	9.51436	.12187	.99255	.12278	8.14435	60
1	.10482	.99449	.10540	9.48781	.12216	.99251	.12308	8.12481	59
2	.10511	.99446	.10569	9.46141	.12245	.99248	.12338	8.10536	58
3	.10540	.99443	.10599	9.43515	.12274	.99244	.12367	8.08600	57
4	.10569	.99440	.10628	9.40904	.12302	.99240	.12397	8.06674	56
5	.10597	.99437	.10657	9.38307	.12331	.99237	.12426	8.04756	55
6	.10626	.99434	.10687	9.35724	.12360	.99233	.12456	8.02848	54
7	.10655	.99431	.10716	9.33155	.12389	.99230	.12485	8.00948	53
8	.10684	.99428	.10746	9.30599	.12418	.99226	.12515	7.99058	52
9	.10713	.99424	.10775	9.28058	.12447	.99222	.12544	7.97176	51
10	.10742	.99421	.10805	9.25530	.12476	.99219	.12574	7.95302	50
11	.10771	.99418	.10834	9 23016	.12504	.99215	.12603	7.93438	49
12	.10800	.99415	.10863	9.20516	.12533	.99211	.12633	7.91582	48
13	.10829	.99412	.10893	9.18028	.12562	.99208	.12662	7.89734	47
14	.10858	.99409	.10922	9.15554	12591	.99204	.12692	7.87895	46
15	.10887	.99406	.10952	9.13093	.12620	.99200	.12722	7.86064	45
16	.10916	.99402	.10981	9.10646	.12649	.99197	.12751	7.84242	44
17	.10945	.99399	.11011	9.08211	.12678	.99193	.12781	7.82428	43
18	.10973	.99396	.11040	9.05789	.12706	.99189	.12810	7.80622	42
19	.11002	.99393	.11070	9.03379	.12735	.99186	.12840	7.78825	41
20	.11031	.99390	.11099	9.00983	.12764	.99182	.12869	7.77035	40
21	.11060	.99386	.11128	8.98598	.12793	.99178	.12899	7.75254	39
22	.11089	.99383	.11158	8.96227	.12822	.99175	.12929	7.73480	38
23	.11118	.99380	.11187	8.93867	.12851	.99171	.12958	7.71715	37
24	.11147	.99377	.11217	8.91520	.12880	.99167	.12988	7.69957	36
25	.11176	.99374	.11246	8.89185	.12908	.99163	.13017	7.68208	35
26	.11205	.99370	.11276	8.86862	.12937	.99160	.13047	7.66466	34
27	.11234	.99367	.11305	8.84551	.12966	.99156	.13076	7.64732	33
28	.11263	.99364	.11335	8.82252	.12995	.99152	.13106	7.63005	32
29	.11291	.99360	.11364	8.79964	.13024	.99148	.13136	7.61287	31
30	.11320	.99357	.11394	8.77689	.13053	.99144	.13165	7.59575	30
31	.11349	.99354	.11423	8.75425	.13081	.99141	.13195	7.57872	29
32	.11378	.99351	.11452	8.73172	.13110	.99137	.13224	7.56176	28
33	.11407	.99347	.11482	8.70931	.13139	.99133	.13254	7.54487	27
34	.11436	.99344	.11511	8.68701	.13168	.99129	.13284	7.52806	26
35	.11465	.99341	.11541	8.66482	.13197	.99125	.13313	7.51132	25
36	.11494	.99337	.11570	8.64275	.13226	.99122	.13343	7.49465	24
37	.11523	.99334	.11600	8.62078	.13254	.99118	.13372	7.47806	23
38	.11552	.99331	.11629	8.59893	.13283	.99114	.13402	7.46154	22
39	.11580	.99327	.11659	8.57718	.13312	.99110	.13432	7.44509	21
40	.11609	.99324	.11688	8.55555	.13341	.99106	.13461	7.42871	20
41	.11638	.99320	.11718	8.53402	.13370	.99102	.13491	7.41240	19
42	.11667	.99317	.11747	8.51259	.13399	.99098	.13521	7.39616	18
43	.11696	.99314	.11777	8.49128	.13427	.99094	.13550	7.37999	17
44	.11725	.99310	.11806	8.47007	.13456	.99091	.13580	7.36389	16
45	.11754	.99307	.11836	8.44896	.13485	.99087	.13609	7.34786	15
46	.11783	.99303	.11865	8.42795	.13514	.99083	.13639	7.33190	14
47	.11812	.99300	.11895	8.40705	.13543	.99079	.13669	7.31600	13
48	.11840	.99297	.11924	8.38625	.13572	.99075	.13698	7.30018	12
49	.11869	.99293	.11954	8.36555	.13600	.99071	.13728	7.28442	11
50	.11898	.99290	.11983	8.34496	.13629	.99067	.13758	7.26873	10
51	.11927	.99286	.12013	8.32446	.13658	.99063	.13787	7.25310	9
52	.11956	.99283	.12042	8.30406	.13687	.99059	.13817	7.23754	8
53	.11985	.99279	.12072	8.28376	.13716	.99055	.13846	7.22204	7
54	.12014	.99276	.12101	8.26355	.13744	.99051	.13876	7.20661	6
55	.12043	.99272	.12131	8.24345	.13773	.99047	.13906	7.19125	5
56	.12071	.99269	.12160	8.22344	.13802	.99043	.13935	7.17594	4
57	.12100	.99265	.12190	8.20352	.13831	.99039	.13965	7.16071	3
58	.12129	.99262	.12219	8.18370	.13860	.99035	.13995	7.14553	2
59	.12158	.99258	.12249	8.16398	.13889	.99031	.14024	7.13042	1
60	.12187	.99255	.12278	8.14435	.13917	.99027	.14054	7.11537	0
′	Cos.	Sen.	Cot.	Tan.	Cos.	Sen.	Cot.	Tan.	′
	83°				82°				

8° Sen.	8° Cos.	8° Tan.	8° Cot.	9° Sen.	9° Cos.	9° Tan.	9° Cot.	′
.13917	.99027	.14054	7.11537	.15643	.98769	.15838	6.31375	60
.13946	.99023	.14084	7.10038	.15672	.98764	.15868	6.30189	59
.13975	.99019	.14113	7.08546	.15701	.98760	.15898	6.29007	58
.14004	.99015	.14143	7.07059	.15730	.98755	.15928	6.27829	57
.14033	.99011	.14173	7.05579	.15758	.98751	.15958	6.26655	56
.14061	.99006	.14202	7.04105	.15787	.98746	.15988	6.25486	55
.14090	.99002	.14232	7.02637	.15816	.98741	.16017	6.24321	54
.14119	.98998	.14262	7.01174	.15845	.98737	.16047	6.23160	53
.14148	.98994	.14291	6.99718	.15873	.98732	.16077	6.22003	52
.14177	.98990	.14321	6.98268	.15902	.98728	.16107	6.20851	51
.14205	.98986	.14351	6.96823	.15931	.98723	.16137	6.19703	50
.14234	.98982	.14381	6.95385	.15959	.98718	.16167	6.18559	49
.14263	.98978	.14410	6.93952	.15988	.98714	.16196	6.17419	48
.14292	.98973	.14440	6.92525	.16017	.98709	.16226	6.16283	47
.14320	.98969	.14470	6.91104	.16046	.98704	.16256	6.15151	46
.14349	.98965	.14499	6.89688	.16074	.98700	.16286	6.14023	45
.14378	.98961	.14529	6.88278	.16103	.98695	.16316	6.12899	44
.14407	.98957	.14559	6.86874	.16132	.98690	.16346	6.11779	43
.14436	.98953	.14588	6.85475	.16160	.98686	.16376	6.10664	42
.14464	.98948	.14618	6.84082	.16189	.98681	.16405	6.09552	41
.14493	.98944	.14648	6.82694	.16218	.98676	.16435	6.08444	40
.14522	.98940	.14678	6.81312	.16246	.98671	.16465	6.07340	39
.14551	.98936	.14707	6.79936	.16275	.98667	.16495	6.06240	38
.14580	.98931	.14737	6.78564	.16304	.98662	.16525	6.05143	37
.14608	.98927	.14767	6.77199	.16333	.98657	.16555	6.04051	36
.14637	.98923	.14796	6.75838	.16361	.98652	.16585	6.02962	35
.14666	.98919	.14826	6.74483	.16390	.98648	.16615	6.01878	34
.14695	.98914	.14856	6.73133	.16419	.98643	.16645	6.00797	33
.14723	.98910	.14886	6.71789	.16447	.98638	.16674	5.99720	32
.14752	.98906	.14915	6.70450	.16476	.98633	.16704	5.98646	31
.14781	.98902	.14945	6.69116	.16505	.98629	.16734	5.97576	30
.14810	.98897	.14975	6.67787	.16533	.98624	.16764	5.96510	29
.14838	.98893	.15005	6.66463	.16562	.98619	.16794	5.95448	28
.14867	.98889	.15034	6.65144	.16591	.98614	.16824	5.94390	27
.14896	.98884	.15064	6.63831	.16620	.98609	.16854	5.93335	26
.14925	.98880	.15094	6.62523	.16648	.98604	.16884	5.92283	25
.14954	.98876	.15124	6.61219	.16677	.98600	.16914	5.91236	24
.14982	.98871	.15153	6.59921	.16706	.98595	.16944	5.90191	23
.15011	.98867	.15183	6.58627	.16734	.98590	.16974	5.89151	22
.15040	.98863	.15213	6.57339	.16763	.98585	.17004	5.88114	21
.15069	.98858	.15243	6.56055	.16792	.98580	.17033	5.87080	20
.15097	.98854	.15272	6.54777	.16820	.98575	.17063	5.86051	19
.15126	.98849	.15302	6.53503	.16849	.98570	.17093	5.85024	18
.15155	.98845	.15332	6.52234	.16878	.98565	.17123	5.84001	17
.15184	.98841	.15362	6.50970	.16906	.98561	.17153	5.82982	16
.15212	.98836	.15391	6.49710	.16935	.98556	.17183	5.81966	15
.15241	.98832	.15421	6.48456	.16964	.98551	.17213	5.80953	14
.15270	.98827	.15451	6.47206	.16992	.98546	.17243	5.79944	13
.15299	.98823	.15481	6.45961	.17021	.98541	.17273	5.78938	12
.15327	.98818	.15511	6.44720	.17050	.98536	.17303	5.77936	11
.15356	.98814	.15540	6.43484	.17078	.98531	.17333	5.76937	10
.15385	.98809	.15570	6.42253	.17107	.98526	.17363	5.75941	9
.15414	.98805	.15600	6.41026	.17136	.98521	.17393	5.74949	8
.15442	.98800	.15630	6.39804	.17164	.98516	.17423	5.73960	7
.15471	.98796	.15660	6.38587	.17193	.98511	.17453	5.72974	6
.15500	.98791	.15689	6.37374	.17222	.98506	.17483	5.71992	5
.15529	.98787	.15719	6.36165	.17250	.98501	.17513	5.71013	4
.15557	.98782	.15749	6.34961	.17279	.98496	.17543	5.70037	3
.15586	.98778	.15779	6.33761	.17308	.98491	.17573	5.69064	2
.15615	.98773	.15809	6.32566	.17336	.98486	.17603	5.68094	1
.15643	.98769	.15838	6.31375	.17365	.98481	.17633	5.67128	0
81° Cos.	81° Sen.	81° Cot.	81° Tan.	80° Cos.	80° Sen.	80° Cot.	80° Tan.	′

TABLA X.—SEN, COSEN, TANGENTE, COT. NATURAL

′	Sen. 10°	Cos. 10°	Tan. 10°	Cot. 10°	Sen. 11°	Cos. 11°	Tan. 11°	Cot. 11°	
0	.17365	.98481	.17633	5.67128	.19081	.98163	.19438	5.14455	
1	.17393	.98476	.17663	5.66165	.19109	.98157	.19468	5.13658	
2	.17422	.98471	.17693	5.65205	.19138	.98152	.19498	5.12862	
3	.17451	.98466	.17723	5.64248	.19167	.98146	.19529	5.12069	
4	.17479	.98461	.17753	5.63295	.19195	.98140	.19559	5.11279	
5	.17508	.98455	.17783	5.62344	.19224	.98135	.19589	5.10490	
6	.17537	.98450	.17813	5.61397	.19252	.98129	.19619	5.09704	
7	.17565	.98445	.17843	5.60452	.19281	.98124	.19649	5.08921	
8	.17594	.98440	.17873	5.59511	.19309	.98118	.19680	5.08139	
9	.17623	.98435	.17903	5.58573	.19338	.98112	.19710	5.07360	
10	.17651	.98430	.17933	5.57638	.19366	.98107	.19740	5.06584	
11	.17680	.98425	.17963	5.56706	.19395	.98101	.19770	5.05809	
12	.17708	.98420	.17993	5.55777	.19423	.98096	.19801	5.05037	
13	.17737	.98414	.18023	5.54851	.19452	.98090	.19831	5.04267	
14	.17766	.98409	.18053	5.53927	.19481	.98084	.19861	5.03499	
15	.17794	.98404	.18083	5.53007	.19509	.98079	.19891	5.02734	
16	.17823	.98399	.18113	5.52090	.19538	.98073	.19921	5.01971	
17	.17852	.98394	.18143	5.51176	.19566	.98067	.19952	5.01210	
18	.17880	.98389	.18173	5.50264	.19595	.98061	.19982	5.00451	
19	.17909	.98383	.18203	5.49356	.19623	.98056	.20012	4.99695	
20	.17937	.98378	.18233	5.48451	.19652	.98050	.20042	4.98940	
21	.17966	.98373	.18263	5.47548	.19680	.98044	.20073	4.98188	
22	.17995	.98368	.18293	5.46648	.19709	.98039	.20103	4.97438	
23	.18023	.98362	.18323	5.45751	.19737	.98033	.20133	4.96690	
24	.18052	.98357	.18353	5.44857	.19766	.98027	.20164	4.95945	
25	.18081	.98352	.18384	5.43966	.19794	.98021	.20194	4.95201	
26	.18109	.98347	.18414	5.43077	.19823	.98016	.20224	4.94460	
27	.18138	.98341	.18444	5.42192	.19851	.98010	.20254	4.93721	
28	.18166	.98336	.18474	5.41309	.19880	.98004	.20285	4.92984	
29	.18195	.98331	.18504	5.40429	.19908	.97998	.20315	4.92249	
30	.18224	.98325	.18534	5.39552	.19937	.97992	.20345	4.91516	
31	.18252	.98320	.18564	5.38677	.19965	.97987	.20376	4.90785	
32	.18281	.98315	.18594	5.37805	.19994	.97981	.20406	4.90056	
33	.18309	.98310	.18624	5.36936	.20022	.97975	.20436	4.89330	
34	.18338	.98304	.18654	5.36070	.20051	.97969	.20466	4.88605	
35	.18367	.98299	.18684	5.35206	.20079	.97963	.20497	4.87882	
36	.18395	.98294	.18714	5.34345	.20108	.97958	.20527	4.87162	
37	.18424	.98288	.18745	5.33487	.20136	.97952	.20557	4.86444	
38	.18452	.98283	.18775	5.32631	.20165	.97946	.20588	4.85727	
39	.18481	.98277	.18805	5.31778	.20193	.97940	.20618	4.85013	
40	.18509	.98272	.18835	5.30928	.20222	.97934	.20648	4.84300	
41	.18538	.98267	.18865	5.30080	.20250	.97928	.20679	4.83590	
42	.18567	.98261	.18895	5.29235	.20279	.97922	.20709	4.82882	
43	.18595	.98256	.18925	5.28393	.20307	.97916	.20739	4.82175	
44	.18624	.98250	.18955	5.27553	.20336	.97910	.20770	4.81471	
45	.18652	.98245	.18986	5.26715	.20364	.97905	.20800	4.80769	
46	.18681	.98240	.19016	5.25880	.20393	.97899	.20830	4.80068	
47	.18710	.98234	.19046	5.25048	.20421	.97893	.20861	4.79370	
48	.18738	.98229	.19076	5.24218	.20450	.97887	.20891	4.78673	
49	.18767	.98223	.19106	5.23391	.20478	.97881	.20921	4.77978	
50	.18795	.98218	.19136	5.22566	.20507	.97875	.20952	4.77286	
51	.18824	.98212	.19166	5.21744	.20535	.97869	.20982	4.76595	
52	.18852	.98207	.19197	5.20925	.20563	.97863	.21013	4.75906	
53	.18881	.98201	.19227	5.20107	.20592	.97857	.21043	4.75219	
54	.18910	.98196	.19257	5.19293	.20620	.97851	.21073	4.74534	
55	.18938	.98190	.19287	5.18480	.20649	.97845	.21104	4.73851	
56	.18967	.98185	.19317	5.17671	.20677	.97839	.21134	4.73170	
57	.18995	.98179	.19347	5.16863	.20706	.97833	.21164	4.72490	
58	.19024	.98174	.19378	5.16058	.20734	.97827	.21195	4.71813	
59	.19052	.98168	.19408	5.15256	.20763	.97821	.21225	4.71137	
60	.19081	.98163	.19438	5.14455	.20791	.97815	.21256	4.70463	
	Cos. 79°	Sen. 79°	Cot. 79°	Tan. 79°	Cos. 78°	Sen. 78°	Cot. 78°	Tan. 78°	′

	12°				13°				
′	Sen.	Cos.	Tan.	Cot.	Sen.	Cos.	Tan.	Cot.	′
0	.20791	.97815	.21256	4.70463	.22495	.97437	.23087	4.33148	60
1	.20820	.97809	.21286	4.69791	.22523	.97430	.23117	4.32573	59
2	.20848	.97803	.21316	4.69121	.22552	.97424	.23148	4.32001	58
3	.20877	.97797	.21347	4.68452	.22580	.97417	.23179	4.31430	57
4	.20905	.97791	.21377	4.67786	.22608	.97411	.23209	4.30860	56
5	.20933	.97784	.21408	4.67121	.22637	.97404	.23240	4.30291	55
6	.20962	.97778	.21438	4.66458	.22665	.97398	.23271	4.29724	54
7	.20990	.97772	.21469	4.65797	.22693	.97391	.23301	4.29159	53
8	.21019	.97766	.21499	4.65138	.22722	.97384	.23332	4.28595	52
9	.21047	.97760	.21529	4.64480	.22750	.97378	.23363	4.28032	51
10	.21076	.97754	.21560	4.63825	.22778	.97371	.23393	4.27471	50
11	.21104	.97748	.21590	4.63171	.22807	.97365	.23424	4.26911	49
12	.21132	.97742	.21621	4.62518	.22835	.97358	.23455	4.26352	48
13	.21161	.97735	.21651	4.61868	.22863	.97351	.23485	4.25795	47
14	.21189	.97729	.21682	4.61219	.22892	.97345	.23516	4.25239	46
15	.21218	.97723	.21712	4.60572	.22920	.97338	.23547	4.24685	45
16	.21246	.97717	.21743	4.59927	.22948	.97331	.23578	4.24132	44
17	.21275	.97711	.21773	4.59283	.22977	.97325	.23608	4.23580	43
18	.21303	.97705	.21804	4.58641	.23005	.97318	.23639	4.23030	42
19	.21331	.97698	.21834	4.58001	.23033	.97311	.23670	4.22481	41
20	.21360	.97692	.21864	4.57363	.23062	.97304	.23700	4.21933	40
21	.21388	.97686	.21895	4.56726	.23090	.97298	.23731	4.21387	39
22	.21417	.97680	.21925	4.56091	.23118	.97291	.23762	4.20842	38
23	.21445	.97673	.21956	4.55458	.23146	.97284	.23793	4.20298	37
24	.21474	.97667	.21986	4.54826	.23175	.97278	.23823	4.19756	36
25	.21502	.97661	.22017	4.54196	.23203	.97271	.23854	4.19215	35
26	.21530	.97655	.22047	4.53568	.23231	.97264	.23885	4.18675	34
27	.21559	.97648	.22078	4.52941	.23260	.97257	.23916	4.18137	33
28	.21587	.97642	.22108	4.52316	.23288	.97251	.23946	4.17600	32
29	.21616	.97636	.22139	4.51693	.23316	.97244	.23977	4.17064	31
30	.21644	.97630	.22169	4.51071	.23345	.97237	.24008	4.16530	30
31	.21672	.97623	.22200	4.50451	.23373	.97230	.24039	4.15997	29
32	.21701	.97617	.22231	4.49832	.23401	.97223	.24069	4.15465	28
33	.21729	.97611	.22261	4.49215	.23429	.97217	.24100	4.14934	27
34	.21758	.97604	.22292	4.48600	.23458	.97210	.24131	4.14405	26
35	.21786	.97598	.22322	4.47986	23486	.97203	.24162	4.13877	25
36	.21814	.97592	.22353	4.47374	.23514	.97196	.24193	4.13350	24
37	.21843	.97585	.22383	4.46764	.23542	.97189	.24223	4.12825	23
38	.21871	.97579	.22414	4.46155	.23571	.97182	.24254	4.12301	22
39	.21899	.97573	.22444	4.45548	.23599	.97176	.24285	4.11778	21
40	.21928	.97566	.22475	4.44942	.23627	.97169	.24316	4.11256	20
41	.21956	.97560	.22505	4.44338	.23656	.97162	.24347	4.10736	19
42	.21985	.97553	.22536	4.43735	.23684	.97155	.24377	4.10216	18
43	.22013	.97547	.22567	4.43134	.23712	.97148	.24408	4.09699	17
44	.22041	.97541	.22597	4.42534	.23740	.97141	.24439	4.09182	16
45	.22070	.97534	.22628	4.41936	.23769	.97134	.24470	4.08666	15
46	.22098	.97528	.22658	4.41340	.23797	.97127	.24501	4.08152	14
47	.22126	.97521	.22689	4.40745	.23825	.97120	.24532	4.07639	13
48	.22155	.97515	.22719	4.40152	.23853	.97113	.24562	4.07127	12
49	.22183	.97508	.22750	4.39560	.23882	.97106	.24593	4.06616	11
50	.22212	.97502	.22781	4.38969	.23910	.97100	.24624	4.06107	10
51	.22240	.97496	.22811	4.38381	.23938	.97093	.24655	4.05599	9
52	.22268	.97489	.22842	4.37793	.23966	.97086	.24686	4.05092	8
53	.22297	.97483	.22872	4.37207	.23995	.97079	.24717	4.04586	7
54	.22325	.97476	.22903	4.36623	.24023	.97072	.24747	4.04081	6
55	.22353	.97470	.22934	4.36040	.24051	.97065	.24778	4.03578	5
56	.22382	.97463	.22964	4.35459	.24079	.97058	.24809	4.03076	4
57	.22410	.97457	.22995	4.34879	.24108	.97051	.24840	4.02574	3
58	.22438	.97450	.23026	4.34300	.24136	.97044	.24871	4.02074	2
59	.22467	.97444	.23056	4.33723	.24164	.97037	.24902	4.01576	1
60	.22495	.97437	.23087	4.33148	.24192	.97030	.24933	4.01078	0
′	Cos.	Sen.	Cot.	Tan.	Cos.	Sen.	Cot.	Tan.	′
	77°				76°				

′	14° Sen.	Cos.	Tan.	Cot.	15° Sen.	Cos.	Tan.	Cot.	′
0	.24192	.97030	.24933	4.01078	.25882	.96593	.26795	3.73205	60
1	.24220	.97023	.24964	4.00582	.25910	.96585	.26826	3.72771	59
2	.24249	.97015	.24995	4.00086	.25938	.96578	.26857	3.72338	58
3	.24277	.97008	.25026	3.99592	.25966	.96570	.26888	3.71907	57
4	.24305	.97001	.25056	3.99099	.25994	.96562	.26920	3.71476	56
5	.24333	.96994	.25087	3.98607	.26022	.96555	.26951	3.71046	55
6	.24362	.96987	.25118	3.98117	.26050	.96547	.26982	3.70616	54
7	.24390	.96980	.25149	3.97627	.26079	.96540	.27013	3.70188	53
8	.24418	.96973	.25180	3.97139	.26107	.96532	.27044	3.69761	52
9	.24446	.96966	.25211	3.96651	.26135	.96524	.27076	3.69335	51
10	.24474	.96959	.25242	3.96165	.26163	.96517	.27107	3.68909	50
11	.24503	.96952	.25273	3.95680	.26191	.96509	.27138	3.68485	49
12	.24531	.96945	.25304	3.95196	.26219	.96502	.27169	3.68061	48
13	.24559	.96937	.25335	3.94713	.26247	.96494	.27201	3.67638	47
14	.24587	.96930	.25366	3.94232	.26275	.96486	.27232	3.67217	46
15	.24615	.96923	.25397	3.93751	.26303	.96479	.27263	3.66796	45
16	.24644	.96916	.25428	3.93271	.26331	.96471	.27294	3.66376	44
17	.24672	.96909	.25459	3.92793	.26359	.96463	.27326	3.65957	43
18	.24700	.96902	.25490	3.92316	.26387	.96456	.27357	3.65538	42
19	.24728	.96894	.25521	3.91839	.26415	.96448	.27388	3.65121	41
20	.24756	.96887	.25552	3.91364	.26443	.96440	.27419	3.64705	40
21	.24784	.96880	.25583	3.90890	.26471	.96433	.27451	3.64289	39
22	.24813	.96873	.25614	3.90417	.26500	.96425	.27482	3.63874	38
23	.24841	.96866	.25645	3.89945	.26528	.96417	.27513	3.63461	37
24	.24869	.96858	.25676	3.89474	.26556	.96410	.27545	3.63048	36
25	.24897	.96851	.25707	3.89004	.26584	.96402	.27576	3.62636	35
26	.24925	.96844	.25738	3.88536	.26612	.96394	.27607	3.62224	34
27	.24954	.96837	.25769	3.88068	.26640	.96386	.27638	3.61814	33
28	.24982	.96829	.25800	3.87601	.26668	.96379	.27670	3.61405	32
29	.25010	.96822	.25831	3.87136	.26696	.96371	.27701	3.60996	31
30	.25038	.96815	.25862	3.86671	.26724	.96363	.27732	3.60588	30
31	.25066	.96807	.25893	3.86208	.26752	.96355	.27764	3.60181	29
32	.25094	.96800	.25924	3.85745	.26780	.96347	.27795	3.59775	28
33	.25122	.96793	.25955	3.85284	.26808	.96340	.27826	3.59370	27
34	.25151	.96786	.25986	3.84824	.26836	.96332	.27858	3.58966	26
35	.25179	.96778	.26017	3.84364	.26864	.96324	.27889	3.58562	25
36	.25207	.96771	.26048	3.83906	.26892	.96316	.27921	3.58160	24
37	.25235	.96764	.26079	3.83449	.26920	.96308	.27952	3.57758	23
38	.25263	.96756	.26110	3.82992	.26948	.96301	.27983	3.57357	22
39	.25291	.96749	.26141	3.82537	.26976	.96293	.28015	3.56957	21
40	.25320	.96742	.26172	3.82083	.27004	.96285	.28046	3.56557	20
41	.25348	.96734	.26203	3.81630	.27032	.96277	.28077	3.56159	19
42	.25376	.96727	.26235	3.81177	.27060	.96269	.28109	3.55761	18
43	.25404	.96719	.26266	3.80726	.27088	.96261	.28140	3.55364	17
44	.25432	.96712	.26297	3.80276	.27116	.96253	.28172	3.54968	16
45	.25460	.96705	.26328	3.79827	.27144	.96246	.28203	3.54573	15
46	.25488	.96697	.26359	3.79378	.27172	.96238	.28234	3.54179	14
47	.25516	.96690	.26390	3.78931	.27200	.96230	.28266	3.53785	13
48	.25545	.96682	.26421	3.78485	.27228	.96222	.28297	3.53393	12
49	.25573	.96675	.26452	3.78040	.27256	.96214	.28329	3.53001	11
50	.25601	.96667	.26483	3.77595	.27284	.96206	.28360	3.52609	10
51	.25629	.96660	.26515	3.77152	.27312	.96198	.28391	3.52219	9
52	.25657	.96653	.26546	3.76709	.27340	.96190	.28423	3.51829	8
53	.25685	.96645	.26577	3.76268	.27368	.96182	.28454	3.51441	7
54	.25713	.96638	.26608	3.75828	.27396	.96174	.28486	3.51053	6
55	.25741	.96630	.26639	3.75388	.27424	.96166	.28517	3.50666	5
56	.25769	.96623	.26670	3.74950	.27452	.96158	.28549	3.50279	4
57	.25798	.96615	.26701	3.74512	.27480	.96150	.28580	3.49894	3
58	.25826	.96608	.26733	3.74075	.27508	.96142	.28612	3.49509	2
59	.25854	.96600	.26764	3.73640	.27536	.96134	.28643	3.49125	1
60	.25882	.96593	.26795	3.73205	.27564	.96126	.28675	3.48741	0
′	Cos.	Sen.	Cot.	Tan.	Cos.	Sen.	Cot.	Tan.	′
	75°				74°				

	16°				17°				
′	Sen.	Cos.	Tan.	Cot.	Sen.	Cos.	Tan.	Cot.	′
0	.27564	.96126	.28675	3.48741	.29237	.95630	.30573	3.27085	60
1	.27592	.96118	.28706	3.48359	.29265	.95622	.30605	3.26745	59
2	.27620	.96110	.28738	3.47977	.29293	.95613	.30637	3.26406	58
3	.27648	.96102	.28769	3.47596	.29321	.95605	.30669	3.26067	57
4	.27676	.96094	.28800	3.47216	.29348	.95596	.30700	3.25729	56
5	.27704	.96086	.28832	3.46837	.29376	.95588	.30732	3.25392	55
6	.27731	.96078	.28864	3.46458	.29404	.95579	.30764	3.25055	54
7	.27759	.96070	.28895	3.46080	.29432	.95571	.30796	3.24719	53
8	.27787	.96062	.28927	3.45703	.29460	.95562	.30828	3.24383	52
9	.27815	.96054	.28958	3.45327	.29487	.95554	.30860	3.24049	51
10	.27843	.96046	.28990	3.44951	.29515	.95545	.30891	3.23714	50
11	.27871	.96037	.29021	3.44576	.29543	.95536	.30923	3.23381	49
12	.27899	.96029	.29053	3.44202	.29571	.95528	.30955	3.23048	48
13	.27927	.96021	.29084	3.43829	.29599	.95519	.30987	3.22715	47
14	.27955	.96013	.29116	3.43456	.29626	.95511	.31019	3.22384	46
15	.27983	.96005	.29147	3.43084	.29654	.95502	.31051	3.22053	45
16	.28011	.95997	.29179	3.42713	.29682	.95493	.31083	3.21722	44
17	.28039	.95989	.29210	3.42343	.29710	.95485	.31115	3.21392	43
18	.28067	.95981	.29242	3.41973	.29737	.95476	.31147	3.21063	42
19	.28095	.95972	.29274	3.41604	.29765	.95467	.31178	3.20734	41
20	.28123	.95964	.29305	3.41236	.29793	.95459	.31210	3.20406	40
21	.28150	.95956	.29337	3.40869	.29821	.95450	.31242	3.20079	39
22	.28178	.95948	.29368	3.40502	.29849	.95441	.31274	3.19752	38
23	.28206	.95940	.29400	3.40136	.29876	.95433	.31306	3.19426	37
24	.28234	.95931	.29432	3.39771	.29904	.95424	.31338	3.19100	36
25	.28262	.95923	.29463	3.39406	.29932	.95415	.31370	3.18775	35
26	.28290	.95915	.29495	3.39042	.29960	.95407	.31402	3.18451	34
27	.28318	.95907	.29526	3.38679	.29987	.95398	.31434	3.18127	33
28	.28346	.95898	.29558	3.38317	.30015	.95389	.31466	3.17804	32
29	.28374	.95890	.29590	3.37955	.30043	.95380	.31498	3.17481	31
30	.28402	.95882	.29621	3.37594	.30071	.95372	.31530	3.17159	30
31	.28429	.95874	.29653	3.37234	.30098	.95363	.31562	3.16838	29
32	.28457	.95865	.29685	3.36875	.30126	.95354	.31594	3.16517	28
33	.28485	.95857	.29716	3.36516	.30154	.95345	.31626	3.16197	27
34	.28513	.95849	.29748	3.36158	.30182	.95337	.31658	3.15877	26
35	.28541	.95841	.29780	3.35800	.30209	.95328	.31690	3.15558	25
36	.28569	.95832	.29811	3.35443	.30237	.95319	.31722	3.15240	24
37	.28597	.95824	.29843	3.35087	.30265	.95310	.31754	3.14922	23
38	.28625	.95816	.29875	3.34732	.30292	.95301	.31786	3.14605	22
39	.28652	.95807	.29906	3.34377	.30320	.95293	.31818	3.14288	21
40	.28680	.95799	.29938	3.34023	.30348	.95284	.31850	3.13972	20
41	.28708	.95791	.29970	3.33670	.30376	.95275	.31882	3.13656	19
42	.28736	.95782	.30001	3.33317	.30403	.95266	.31914	3.13341	18
43	.28764	.95774	.30033	3.32965	.30431	.95257	.31946	3.13027	17
44	.28792	.95766	.30065	3.32614	.30459	.95248	.31978	3.12713	16
45	.28820	.95757	.30097	3.32264	.30486	.95240	.32010	3.12400	15
46	.28847	.95749	.30128	3.31914	.30514	.95231	.32042	3.12087	14
47	.28875	.95740	.30160	3.31565	.30542	.95222	.32074	3.11775	13
48	.28903	.95732	.30192	3.31216	.30570	.95213	.32106	3.11464	12
49	.28931	.95724	.30224	3.30868	.30597	.95204	.32139	3.11153	11
50	.28959	.95715	.30255	3.30521	.30625	.95195	.32171	3.10842	10
51	.28987	.95707	.30287	3.30174	.30653	.95186	.32203	3.10532	9
52	.29015	.95698	.30319	3.29829	.30680	.95177	.32235	3.10223	8
53	.29042	.95690	.30351	3.29483	.30708	.95168	.32267	3.09914	7
54	.29070	.95681	.30382	3.29139	.30736	.95159	.32299	3.09606	6
55	.29098	.95673	.30414	3.28795	.30763	.95150	.32331	3.09298	5
56	.29126	.95664	.30446	3.28452	.30791	.95142	.32363	3.08991	4
57	.29154	.95656	.30478	3.28109	.30819	.95133	.32396	3.08685	3
58	.29182	.95647	.30509	3.27767	.30846	.95124	.32428	3.08379	2
59	.29209	.95639	.30541	3.27426	.30874	.95115	.32460	3.08073	1
60	.29237	.95630	.30573	3.27085	.30902	.95106	.32492	3.07768	0
′	Cos.	Sen.	Cot.	Tan.	Cos.	Sen.	Cot.	Tan.	′
	73°				72°				

	18°				19°				
′	Sen.	Cos.	Tan.	Cot.	Sen.	Cos.	Tan.	Cot.	′
0	.30902	.95106	.32492	3.07768	.32557	.94552	.34433	2.90421	60
1	.30929	.95097	.32524	3.07464	.32584	.94542	.34465	2.90147	59
2	.30957	.95088	.32556	3.07160	.32612	.94533	.34498	2.89873	58
3	.30985	.95079	.32588	3.06857	.32639	.94523	.34530	2.89600	57
4	.31012	.95070	.32621	3.06554	.32667	.94514	.34563	2.89327	56
5	.31040	.95061	.32653	3.06252	.32694	.94504	.34596	2.89055	55
6	.31068	.95052	.32685	3.05950	.32722	.94495	.34628	2.88783	54
7	.31095	.95043	.32717	3.05649	.32749	.94485	.34661	2.88511	53
8	.31123	.95033	.32749	3.05349	.32777	.94476	.34693	2.88240	52
9	.31151	.95024	.32782	3.05049	.32804	.94466	.34726	2.87970	51
10	.31178	.95015	.32814	3.04749	.32832	.94457	.34758	2.87700	50
11	.31206	.95006	.32846	3.04450	.32859	.94447	.34791	2.87430	49
12	.31233	.94997	.32878	3.04152	.32887	.94438	.34824	2.87161	48
13	.31261	.94988	.32911	3.03854	.32914	.94428	.34856	2.86892	47
14	.31289	.94979	.32943	3.03556	.32942	.94418	.34889	2.86624	46
15	.31316	.94970	.32975	3.03260	.32969	.94409	.34922	2.86356	45
16	.31344	.94961	.33007	3.02963	.32997	.94399	.34954	2.86089	44
17	.31372	.94952	.33040	3.02667	.33024	.94390	.34987	2.85822	43
18	.31399	.94943	.33072	3.02372	.33051	.94380	.35020	2.85555	42
19	.31427	.94933	.33104	3.02077	.33079	.94370	.35052	2.85289	41
20	.31454	.94924	.33136	3.01783	.33106	.94361	.35085	2.85023	40
21	.31482	.94915	.33169	3.01489	.33134	.94351	.35118	2.84758	39
22	.31510	.94906	.33201	3.01196	.33161	.94342	.35150	2.84494	38
23	.31537	.94897	.33233	3.00903	.33189	.94332	.35183	2.84229	37
24	.31565	.94888	.33266	3.00611	.33216	.94322	.35216	2.83965	36
25	.31593	.94878	.33298	3.00319	.33244	.94313	.35248	2.83702	35
26	.31620	.94869	.33330	3.00028	.33271	.94303	.35281	2.83439	34
27	.31648	.94860	.33363	2.99738	.33298	.94293	.35314	2.83176	33
28	.31675	.94851	.33395	2.99447	.33326	.94284	.35346	2.82914	32
29	.31703	.94842	.33427	2.99158	.33353	.94274	.35379	2.82653	31
30	.31730	.94832	.33460	2.98868	.33381	.94264	.35412	2.82391	30
31	.31758	.94823	.33492	2.98580	.33408	.94254	.35445	2.82130	29
32	.31786	.94814	.33524	2.98292	.33436	.94245	.35477	2.81870	28
33	.31813	.94805	.33557	2.98004	.33463	.94235	.35510	2.81610	27
34	.31841	.94795	.33589	2.97717	.33490	.94225	.35543	2.81350	36
35	.31868	.94786	.33621	2.97430	.33518	.94215	.35576	2.81091	25
36	.31896	.94777	.33654	2.97144	.33545	.94206	.35608	2.80833	24
37	.31923	.94768	.33686	2.96858	.33573	.94196	.35641	2.80574	23
38	.31951	.94758	.33718	2.96573	.33600	.94186	.35674	2.80316	22
39	.31979	.94749	.33751	2.96288	.33627	.94176	.35707	2.80059	21
40	.32006	.94740	.33783	2.96004	.33655	.94167	.35740	2.79802	20
41	.32034	.94730	.33816	2.95721	.33682	.94157	.35772	2.79545	19
42	.32061	.94721	.33848	2.95437	.33710	.94147	.35805	2.79289	18
43	.32089	.94712	.33881	2.95155	.33737	.94137	.35838	2.79033	17
44	.32116	.94702	.33913	2.94872	.33764	.94127	.35871	2.78778	16
45	.32144	.94693	.33945	2.94591	.33792	.94118	.35904	2.78523	15
46	.32171	.94684	.33978	2.94309	.33819	.94108	.35937	2.78269	14
47	.32199	.94674	.34010	2.94028	.33846	.94098	.35969	2.78014	13
48	.32227	.94665	.34043	2.93748	.33874	.94088	.36002	2.77761	12
49	.32254	.94656	.34075	2.93468	.33901	.94078	.36035	2.77507	11
50	.32282	.94646	.34108	2.93189	.33929	.94068	.36068	2.77254	10
51	.32309	.94637	.34140	2.92910	.33956	.94058	.36101	2.77002	9
52	.32337	.94627	.34173	2.92632	.33983	.94049	.36134	2.76750	8
53	.32364	.94618	.34205	2.92354	.34011	.94039	.36167	2.76498	7
54	.32392	.94609	.34238	2.92076	.34038	.94029	.36199	2.76247	6
55	.32419	.94599	.34270	2.91799	.34065	.94019	.36232	2.75996	5
56	.32447	.94590	.34303	2.91523	.34093	.94009	.36265	2.75746	4
57	.32474	.94580	.34335	2.91246	.34120	.93999	.36298	2.75496	3
58	.32502	.94571	.34368	2.90971	.34147	.93989	.36331	2.75246	2
59	.32529	.94561	.34400	2.90696	.34175	.93979	.36364	2.74997	1
60	.32557	.94552	.34433	2.90421	.34202	.93969	.36397	2.74748	0
′	Cos.	Sen.	Cot.	Tan.	Cos.	Sen.	Cot.	Tan.	′
	71°				70°				

′	20°				21°				′
′	Sen.	Cos.	Tan.	Cot.	Sen.	Cos.	Tan.	Cot.	′
0	.34202	.93969	.36397	2.74748	.35837	.93358	.38386	2.60509	60
1	.34229	.93959	.36430	2.74499	.35864	.93348	.38420	2.60283	59
2	.34257	.93949	.36463	2.74251	.35891	.93337	.38453	2.60057	58
3	.34284	.93939	.36496	2.74004	.35918	.93327	.38487	2.59831	57
4	.34311	.93929	.36529	2.73756	.35945	.93316	.38520	2.59606	56
5	.34339	.93919	.36562	2.73509	.35973	.93306	.38553	2.59381	55
6	.34366	.93909	.36595	2.73263	.36000	.93295	.38587	2.59156	54
7	.34393	.93899	.36628	2.73017	.36027	.93285	.38620	2.58932	53
8	.34421	.93889	.36661	2.72771	.36054	.93274	.38654	2.58708	52
9	.34448	.93879	.36694	2.72526	.36081	.93264	.38687	2.58484	51
10	.34475	.93869	.36727	2.72281	.36108	.93253	.38721	2.58261	50
11	.34503	.93859	.36760	2.72036	.36135	.93243	.38754	2.58038	49
12	.34530	.93849	.36793	2.71792	.36162	.93232	.38787	2.57815	48
13	.34557	.93839	.36826	2.71548	.36190	.93222	.38821	2.57593	47
14	.34584	.93829	.36859	2.71305	.36217	.93211	.38854	2.57371	46
15	.34612	.93819	.36892	2.71062	.36244	.93201	.38888	2.57150	45
16	.34639	.93809	.36925	2.70819	.36271	.93190	.38921	2.56928	44
17	.34666	.93799	.36958	2.70577	.36298	.93180	.38955	2.56707	43
18	.34694	.93789	.36991	2.70335	.36325	.93169	.38988	2.56487	42
19	.34721	.93779	.37024	2.70094	.36352	.93159	.39022	2.56266	41
20	.34748	.93769	.37057	2.69853	.36379	.93148	.39055	2.56046	40
21	.34775	.93759	.37090	2.69612	.36406	.93137	.39089	2.55827	39
22	.34803	.93748	.37123	2.69371	.36434	.93127	.39122	2.55608	38
23	.34830	.93738	.37157	2.69131	.36461	.93116	.39156	2.55389	37
24	.34857	.93728	.37190	2.68892	.36488	.93106	.39190	2.55170	36
25	.34884	.93718	.37223	2.68653	.36515	.93095	.39223	2.54952	35
26	.34912	.93708	.37256	2.68414	.36542	.93084	39257	2.54734	34
27	.34939	.93698	.37289	2.68175	.36569	.93074	.39290	2.54516	33
28	.34966	.93688	.37322	2.67937	.36596	.93063	.39324	2.54299	32
29	.34993	.93677	.37355	2.67700	.36623	.93052	.39357	2.54082	31
30	.35021	.93667	.37388	2.67462	.36650	.93042	.39391	2.53865	30
31	.35048	.93657	.37422	2.67225	.36677	.93031	.39425	2.53648	29
32	.35075	.93647	.37455	2.66989	.36704	.93020	.39458	2.53432	28
33	.35102	.93637	.37488	2.66752	.36731	.93010	.39492	2.53217	27
34	.35130	.93626	.37521	2.66516	.36758	.92999	.39526	2.53001	26
35	.35157	.93616	.37554	2.66281	.36785	.92988	.39559	2.52786	25
36	.35184	.93606	.37588	2.66046	.36812	.92978	.39593	2.52571	24
37	.35211	.93596	.37621	2.65811	.36839	.92967	.39626	2.52357	23
38	.35239	.93585	.37654	2.65576	.36867	.92956	.39660	2.52142	22
39	.35266	.93575	.37687	2.65342	.36894	.92945	.39694	2.51929	21
40	.35293	.93565	.37720	2.65109	.36921	.92935	.39727	2.51715	20
41	.35320	.93555	.37754	2.64875	.36948	.92924	.39761	2.51502	19
42	.35347	.93544	.37787	2.64642	.36975	.92913	.39795	2.51289	18
43	.35375	.93534	.37820	2.64410	.37002	.92902	.39829	2.51076	17
44	.35402	.93524	.37853	2.64177	.37029	.92892	.39862	2.50864	16
45	.35429	.93514	.37887	2.63945	.37056	.92881	.39896	2.50652	15
46	.35456	.93503	.37920	2.63714	.37083	.92870	.39930	2.50440	14
47	.35484	.93493	.37953	2.63483	.37110	.92859	.39963	2.50229	13
48	.35511	.93483	.37986	2.63252	.37137	.92849	.39997	2.50018	12
49	.35538	.93472	.38020	2.63021	.37164	.92838	.40031	2.49807	11
50	.35565	.93462	.38053	2.62791	.37191	.92827	.40065	2.49597	10
51	.35592	.93452	.38086	2.62561	.37218	.92816	.40098	2.49386	9
52	.35619	.93441	.38120	2.62332	.37245	.92805	.40132	2.49177	8
53	.35647	.93431	.38153	2.62103	.37272	.92794	.40166	2.48967	7
54	.35674	.93420	.38186	2.61874	.37299	.92784	.40200	2.48758	6
55	.35701	.93410	.38220	2.61646	.37326	.92773	.40234	2.48549	5
56	.35728	.93400	.38253	2.61418	.37353	.92762	.40267	2.48340	4
57	.35755	.93389	.38286	2.61190	.37380	.92751	.40301	2.48132	3
58	.35782	.93379	.38320	2.60963	.37407	.92740	.40335	2.47924	2
59	.35810	.93368	.38353	2.60736	.37434	.92729	.40369	2.47716	1
60	.35837	.93358	.38386	2.60509	.37461	.92718	.40403	2.47509	0
′	Cos.	Sen.	Cot.	Tan.	Cos.	Sen.	Cot.	Tan.	′
	69°				68°				

′	22° Sen.	Cos.	Tan.	Cot.	23° Sen.	Cos.	Tan.	Cot.	′
0	.37461	.92718	.40403	2.47509	.39073	.92050	.42447	2.35585	60
1	.37488	.92707	.40436	2.47302	.39100	.92039	.42482	2.35395	59
2	.37515	.92697	.40470	2.47095	.39127	.92028	.42516	2.35205	58
3	.37542	.92686	.40504	2.46888	.39153	.92016	.42551	2.35015	57
4	.37569	.92675	.40538	2.46682	.39180	.92005	.42585	2.34825	56
5	.37595	.92664	.40572	2.46476	.39207	.91994	.42619	2.34636	55
6	.37622	.92653	.40606	2.46270	.39234	.91982	.42654	2.34447	54
7	.37649	.92642	.40640	2.46065	.39260	.91971	.42688	2.34258	53
8	.37676	.92631	.40674	2.45860	.39287	.91959	.42722	2.34069	52
9	.37703	.92620	.40707	2.45655	.39314	.91948	.42757	2.33881	51
10	.37730	.92609	.40741	2.45451	.39341	.91936	.42791	2.33693	50
11	.37757	.92598	.40775	2.45246	.39367	.91925	.42826	2.33505	49
12	.37784	.92587	.40809	2.45043	.39394	.91914	.42860	2.33317	48
13	.37811	.92576	.40843	2.44839	.39421	.91902	.42894	2.33130	47
14	.37838	.92565	.40877	2.44636	.39448	.91891	.42929	2.32943	46
15	.37865	.92554	.40911	2.44433	.39474	.91879	.42963	2.32756	45
16	.37892	.92543	.40945	2.44230	.39501	.91868	.42998	2.32570	44
17	.37919	.92532	.40979	2.44027	.39528	.91856	.43032	2.32383	43
18	.37946	.92521	.41013	2.43825	.39555	.91845	.43067	2.32197	42
19	.37973	.92510	.41047	2.43623	.39581	.91833	.43101	2.32012	41
20	.37999	.92499	.41081	2.43422	.39608	.91822	.43136	2.31826	40
21	.38026	.92488	.41115	2.43220	.39635	.91810	.43170	2.31641	39
22	.38053	.92477	.41149	2.43019	.39661	.91799	.43205	2.31456	38
23	.38080	.92466	.41183	2.42819	.39688	.91787	.43239	2.31271	37
24	.38107	.92455	.41217	2.42618	.39715	.91775	.43274	2.31086	36
25	.38134	.92444	.41251	2.42418	.39741	.91764	.43308	2.30902	35
26	.38161	.92432	.41285	2.42218	.39768	.91752	.43343	2.30718	34
27	.38188	.92421	.41319	2.42019	.39795	.91741	.43378	2.30534	33
28	.38215	.92410	.41353	2.41819	.39822	.91729	.43412	2.30351	32
29	.38241	.92399	.41387	2.41620	.39848	.91718	.43447	2.30167	31
30	.38268	.92388	.41421	2.41421	.39875	.91706	.43481	2.29984	30
31	.38295	.92377	.41455	2.41223	.39902	.91694	.43516	2.29801	29
32	.38322	.92366	.41490	2.41025	.39928	.91683	.43550	2.29619	28
33	.38349	.92355	.41524	2.40827	.39955	.91671	.43585	2.29437	27
34	.38376	.92343	.41558	2.40629	.39982	.91660	.43620	2.29254	26
35	.38403	.92332	.41592	2.40432	.40008	.91648	.43654	2.29073	25
36	.38430	.92321	.41626	2.40235	.40035	.91636	.43689	2.28891	24
37	.38456	.92310	.41660	2.40038	.40062	.91625	.43724	2.28710	23
38	.38483	.92299	.41694	2.39841	.40088	.91613	.43758	2.28528	22
39	.38510	.92287	.41728	2.39645	.40115	.91601	.43793	2.28348	21
40	.38537	.92276	.41763	2.39449	.40141	.91590	.43828	2.28167	20
41	.38564	.92265	.41797	2.39253	.40168	.91578	.43862	2.27987	19
42	.38591	.92254	.41831	2.39058	.40195	.91566	.43897	2.27806	18
43	.38617	.92243	.41865	2.38863	.40221	.91555	.43932	2.27626	17
44	.38644	.92231	.41899	2.38668	.40248	.91543	.43966	2.27447	16
45	.38671	.92220	.41933	2.38473	.40275	.91531	.44001	2.27267	15
46	.38698	.92209	.41968	2.38279	.40301	.91519	.44036	2.27088	14
47	.38725	.92198	.42002	2.38084	.40328	.91508	.44071	2.26909	13
48	.38752	.92186	.42036	2.37891	.40355	.91496	.44105	2.26730	12
49	.38778	.92175	.42070	2.37697	.40381	.91484	.44140	2.26552	11
50	.38805	.92164	.42105	2.37504	.40408	.91472	.44175	2.26374	10
51	.38832	.92152	.42139	2.37311	.40434	.91461	.44210	2.26196	9
52	.38859	.92141	.42173	2.37118	.40461	.91449	.44244	2.26018	8
53	.38886	.92130	.42207	2.36925	.40488	.91437	.44279	2.25840	7
54	.38912	.92119	.42242	2.36733	.40514	.91425	.44314	2.25663	6
55	.38939	.92107	.42276	2.36541	.40541	.91414	.44349	2.25486	5
56	.38966	.92096	.42310	2.36349	.40567	.91402	.44384	2.25309	4
57	.38993	.92085	.42345	2.36158	.40594	.91390	.44418	2.25132	3
58	.39020	.92073	.42379	2.35967	.40621	.91378	.44453	2.24956	2
59	.39046	.92062	.42413	2.35776	.40647	.91366	.44488	2.24780	1
60	.39073	.92050	.42447	2.35585	.40674	.91355	.44523	2.24604	0
′	Cos. 67°	Sen.	Cot.	Tan.	Cos. 66°	Sen.	Cot.	Tan.	′

	24°				25°				
′	Sen.	Cos.	Tan.	Cot.	Sen.	Cos.	Tan.	Cot.	′
0	.40674	.91355	.44523	2.24604	.42262	.90631	.46631	2.14451	60
1	.40700	.91343	.44558	2.24428	.42288	.90618	.46666	2.14288	59
2	.40727	.91331	.44593	2.24252	.42315	.90606	.46702	2.14125	58
3	.40753	.91319	.44627	2.24077	.42341	.90594	.46737	2.13963	57
4	.40780	.91307	.44662	2.23902	.42367	.90582	.46772	2.13801	56
5	.40806	.91295	.44697	2.23727	.42394	.90569	.46808	2.13639	55
6	.40833	.91283	.44732	2.23553	.42420	.90557	.46843	2.13477	54
7	.40860	.91272	.44767	2.23378	.42446	.90545	.46879	2.13316	53
8	.40886	.91260	.44802	2.23204	.42473	.90532	.46914	2.13154	52
9	.40913	.91248	.44837	2.23030	.42499	.90520	.46950	2.12993	51
10	.40939	.91236	.44872	2.22857	.42525	.90507	.46985	2.12832	50
11	.40966	.91224	.44907	2.22683	.42552	.90495	.47021	2.12671	49
12	.40992	.91212	.44942	2.22510	.42578	.90483	.47056	2.12511	48
13	.41019	.91200	.44977	2.22337	.42604	.90470	.47092	2.12350	47
14	.41045	.91188	.45012	2.22164	.42631	.90458	.47128	2.12190	46
15	.41072	.91176	.45047	2.21992	.42657	.90446	.47163	2.12030	45
16	.41098	.91164	.45082	2.21819	.42683	.90433	.47199	2.11871	44
17	.41125	.91152	.45117	2.21647	.42709	.90421	.47234	2.11711	43
18	.41151	.91140	.45152	2.21475	.42736	.90408	.47270	2.11552	42
19	.41178	.91128	.45187	2.21304	.42762	.90396	.47305	2.11392	41
20	.41204	.91116	.45222	2.21132	.42788	.90383	.47341	2.11233	40
21	.41231	.91104	.45257	2.20961	.42815	.90371	.47377	2.11075	39
22	.41257	.91092	.45292	2.20790	.42841	.90358	.47412	2.10916	38
23	.41284	.91080	.45327	2.20619	.42867	.90346	.47448	2.10758	37
24	.41310	.91068	.45362	2.20449	.42894	.90334	.47483	2.10600	36
25	.41337	.91056	.45397	2.20278	.42920	.90321	.47519	2.10442	35
26	.41363	.91044	.45432	2.20108	.42946	.90309	.47555	2.10284	34
27	.41390	.91032	.45467	2.19938	.42972	.90296	.47590	2.10126	33
28	.41416	.91020	.45502	2.19769	.42999	.90284	.47626	2.09969	32
29	.41443	.91008	.45538	2.19599	.43025	.90271	.47662	2.09811	31
30	.41469	.90996	.45573	2.19430	.43051	.90259	.47698	2.09654	30
31	.41496	.90984	.45608	2.19261	.43077	.90246	.47733	2.09498	29
32	.41522	.90972	.45643	2.19092	.43104	.90233	.47769	2.09341	28
33	.41549	.90960	.45678	2.18923	.43130	.90221	.47805	2.09184	27
34	.41575	.90948	.45713	2.18755	.43156	.90208	.47840	2.09028	26
35	.41602	.90936	.45748	2.18587	.43182	.90196	.47876	2.08872	25
36	.41628	.90924	.45784	2.18419	.43209	.90183	.47912	2.08716	24
37	.41655	.90911	.45819	2.18251	.43235	.90171	.47948	2.08560	23
38	.41681	.90899	.45854	2.18084	.43261	.90158	.47984	2.08405	22
39	.41707	.90887	.45889	2.17916	.43287	.90146	.48019	2.08250	21
40	.41734	.90875	.45924	2.17749	.43313	.90133	.48055	2.08094	20
41	.41760	.90863	.45960	2.17582	.43340	.90120	.48091	2.07939	19
42	.41787	.90851	.45995	2.17416	.43366	.90108	.48127	2.07785	18
43	.41813	.90839	.46030	2.17249	.43392	.90095	.48163	2.07630	17
44	.41840	.90826	.46065	2.17083	.43418	.90082	.48198	2.07476	16
45	.41866	.90814	.46101	2.16917	.43445	.90070	.48234	2.07321	15
46	.41892	.90802	.46136	2.16751	.43471	.90057	.48270	2.07167	14
47	.41919	.90790	.46171	2.16585	.43497	.90045	.48306	2.07014	13
48	.41945	.90778	.46206	2.16420	.43523	.90032	.48342	2.06860	12
49	.41972	.90766	.46242	2.16255	.43549	.90019	.48378	2.06706	11
50	.41998	.90753	.46277	2.16090	.43575	.90007	.48414	2.06553	10
51	.42024	.90741	.46312	2.15925	.43602	.89994	.48450	2.06400	9
52	.42051	.90729	.46348	2.15760	.43628	.89981	.48486	2.06247	8
53	.42077	.90717	.46383	2.15596	.43654	.89968	.48521	2.06094	7
54	.42104	.90704	.46418	2.15432	.43680	.89956	.48557	2.05942	6
55	.42130	.90692	.46454	2.15268	.43706	.89943	.48593	2.05790	5
56	.42156	.90680	.46489	2.15104	.43733	.89930	.48629	2.05637	4
57	.42183	.90668	.46525	2.14940	.43759	.89918	.48665	2.05485	3
58	.42209	.90655	.46560	2.14777	.43785	.89905	.48701	2.05333	2
59	.42235	.90643	.46595	2.14614	.43811	.89892	.48737	2.05182	1
60	.42262	.90631	.46631	2.14451	.43837	.89879	.48773	2.05030	0
′	Cos.	Sen.	Cot.	Tan.	Cos.	Sen.	Cot.	Tan.	′
	65°				64°				

TABLA X.—SEN, COSEN, TANGENTE, COT. NATURAL

	26°				27°			
′	Sen.	Cos.	Tan.	Cot.	Sen.	Cos.	Tan.	Cot.
0	.43837	.89879	.48773	2.05030	.45399	.89101	.50953	1.96261
1	.43863	.89867	.48809	2.04879	.45425	.89087	.50989	1.96120
2	.43889	.89854	.48845	2.04728	.45451	.89074	.51026	1.95979
3	.43916	.89841	.48881	2.04577	.45477	.89061	.51063	1.95838
4	.43942	.89828	.48917	2.04426	.45503	.89048	.51099	1.95698
5	.43968	.89816	.48953	2.04276	.45529	.89035	.51136	1.95557
6	.43994	.89803	.48989	2.04125	.45554	.89021	.51173	1.95417
7	.44020	.89790	.49026	2.03975	.45580	.89008	.51209	1.95277
8	.44046	.89777	.49062	2.03825	.45606	.88995	.51246	1.95137
9	.44072	.89764	.49098	2.03675	.45632	.88981	.51283	1.94997
10	.44098	.89752	.49134	2.03526	.45658	.88968	.51319	1.94858
11	.44124	.89739	.49170	2.03376	.45684	.88955	.51356	1.94718
12	.44151	.89726	.49206	2.03227	.45710	.88942	.51393	1.94579
13	.44177	.89713	.49242	2.03078	.45736	.88928	.51430	1.94440
14	.44203	.89700	.49278	2.02929	.45762	.88915	.51467	1.94301
15	.44229	.89687	.49315	2.02780	.45787	.88902	.51503	1.94162
16	.44255	.89674	.49351	2.02631	.45813	.88888	.51540	1.94023
17	.44281	.89662	.49387	2.02483	.45839	.88875	.51577	1.93885
18	.44307	.89649	.49423	2.02335	.45865	.88862	.51614	1.93746
19	.44333	.89636	.49459	2.02187	.45891	.88848	.51651	1.93608
20	.44359	.89623	.49495	2.02039	.45917	.88835	.51688	1.93470
21	.44385	.89610	.49532	2.01891	.45942	.88822	.51724	1.93332
22	.44411	.89597	.49568	2.01743	.45968	.88808	.51761	1.93195
23	.44437	.89584	.49604	2.01596	.45994	.88795	.51798	1.93057
24	.44464	.89571	.49640	2.01449	.46020	.88782	.51835	1.92920
25	.44490	.89558	.49677	2.01302	.46046	.88768	.51872	1.92782
26	.44516	.89545	.49713	2.01155	.46072	.88755	.51909	1.92645
27	.44542	.89532	.49749	2.01008	.46097	.88741	.51946	1.92508
28	.44568	.89519	.49786	2.00862	.46123	.88728	.51983	1.92371
29	.44594	.89506	.49822	2.00715	.46149	.88715	.52020	1.92235
30	.44620	.89493	.49858	2.00569	.46175	.88701	.52057	1.92098
31	.44646	.89480	.49894	2.00423	.46201	.88688	.52094	1.91962
32	.44672	.89467	.49931	2.00277	.46226	.88674	.52131	1.91826
33	.44698	.89454	.49967	2.00131	.46252	.88661	.52168	1.91690
34	.44724	.89441	.50004	1.99986	.46278	.88647	.52205	1.91554
35	.44750	.89428	.50040	1.99841	.46304	.88634	.52242	1.91418
36	.44776	.89415	.50076	1.99695	.46330	.88620	.52279	1.91282
37	.44802	.89402	.50113	1.99550	.46355	.88607	.52316	1.91147
38	.44828	.89389	.50149	1.99406	.46381	.88593	.52353	1.91012
39	.44854	.89376	.50185	1.99261	.46407	.88580	.52390	1.90876
40	.44880	.89363	.50222	1.99116	.46433	.88566	.52427	1.90741
41	.44906	.89350	.50258	1.98972	.46458	.88553	.52464	1.90607
42	.44932	.89337	.50295	1.98828	.46484	.88539	.52501	1.90472
43	.44958	.89324	.50331	1.98684	.46510	.88526	.52538	1.90337
44	.44984	.89311	.50368	1.98540	.46536	.88512	.52575	1.90203
45	.45010	.89298	.50404	1.98396	.46561	.88499	.52613	1.90069
46	.45036	.89285	.50441	1.98253	.46587	.88485	.52650	1.89935
47	.45062	.89272	.50477	1.98110	.46613	.88472	.52687	1.89801
48	.45088	.89259	.50514	1.97966	.46639	.88458	.52724	1.89667
49	.45114	.89245	.50550	1.97823	.46664	.88445	.52761	1.89533
50	.45140	.89232	.50587	1.97681	.46690	.88431	.52798	1.89400
51	.45166	.89219	.50623	1.97538	.46716	.88417	.52836	1.89266
52	.45192	.89206	.50660	1.97395	.46742	.88404	.52873	1.89133
53	.45218	.89193	.50696	1.97253	.46767	.88390	.52910	1.89000
54	.45243	.89180	.50733	1.97111	.46793	.88377	.52947	1.88867
55	.45269	.89167	.50769	1.96969	.46819	.88363	.52985	1.88734
56	.45295	.89153	.50806	1.96827	.46844	.88349	.53022	1.88602
57	.45321	.89140	.50843	1.96685	.46870	.88336	.53059	1.88469
58	.45347	.89127	.50879	1.96544	.46896	.88322	.53096	1.88337
59	.45373	.89114	.50916	1.96402	.46921	.88308	.53134	1.88205
60	.45399	.89101	.50953	1.96261	.46947	.88295	.53171	1.88073
′	Cos.	Sen.	Cot.	Tan.	Cos.	Sen.	Cot.	Tan.
	63°				62°			

	28°				29°				
′	Sen.	Cos.	Tan.	Cot.	Sen.	Cos.	Tan.	Cot.	′
0	.46947	.88295	.53171	1.88073	.48481	.87462	.55431	1.80405	60
1	.46973	.88281	.53208	1.87941	.48506	.87448	.55469	1.80281	59
2	.46999	.88267	.53246	1.87809	.48532	.87434	.55507	1.80158	58
3	.47024	.88254	.53283	1.87677	.48557	.87420	.55545	1.80034	57
4	.47050	.88240	.53320	1.87546	.48583	.87406	.55583	1.79911	56
5	.47076	.88226	.53358	1.87415	.48608	.87391	.55621	1.79788	55
6	.47101	.88213	.53395	1.87283	.48634	.87377	.55659	1.79665	54
7	.47127	.88199	.53432	1.87152	.48659	.87363	.55697	1.79542	53
8	.47153	.88185	.53470	1.87021	.48684	.87349	.55736	1.79419	52
9	.47178	.88172	.53507	1.86891	.48710	.87335	.55774	1.79296	51
10	.47204	.88158	.53545	1.86760	.48735	.87321	.55812	1.79174	50
11	.47229	.88144	.53582	1.86630	.48761	.87306	.55850	1.79051	49
12	.47255	.88130	.53620	1.86499	.48786	.87292	.55888	1.78929	48
13	.47281	.88117	.53657	1.86369	.48811	.87278	.55926	1.78807	47
14	.47306	.88103	.53694	1.86239	.48837	.87264	.55964	1.78685	46
15	.47332	.88089	.53732	1.86109	.48862	.87250	.56003	1.78563	45
16	.47358	.88075	.53769	1.85979	.48888	.87235	.56041	1.78441	44
17	.47383	.88062	.53807	1.85850	.48913	.87221	.56079	1.78319	43
18	.47409	.88048	.53844	1.85720	.48938	.87207	.56117	1.78198	42
19	.47434	.88034	.53882	1.85591	.48964	.87193	.56156	1.78077	41
20	.47460	.88020	.53920	1.85462	.48989	.87178	.56194	1.77955	40
21	.47486	.88006	.53957	1.85333	.49014	.87164	.56232	1.77834	39
22	.47511	.87993	.53995	1.85204	.49040	.87150	.56270	1.77713	38
23	.47537	.87979	.54032	1.85075	.49065	.87136	.56309	1.77592	37
24	.47562	.87965	.54070	1.84946	.49090	.87121	.56347	1.77471	36
25	.47588	.87951	.54107	1.84818	.49116	.87107	.56385	1.77351	35
26	.47614	.87937	.54145	1.84689	.49141	.87093	.56424	1.77230	34
27	.47639	.87923	.54183	1.84561	.49166	.87079	.56462	1.77110	33
28	.47665	.87909	.54220	1.84433	.49192	.87064	.56501	1.76990	32
29	.47690	.87896	.54258	1.84305	.49217	.87050	.56539	1.76869	31
30	.47716	.87882	.54296	1.84177	.49242	.87036	.56577	1.76749	30
31	.47741	.87868	.54333	1.84049	.49268	.87021	.56616	1.76629	29
32	.47767	.87854	.54371	1.83922	.49293	.87007	.56654	1.76510	28
33	.47793	.87840	.54409	1.83794	.49318	.86993	.56693	1.76390	27
34	.47818	.87826	.54446	1.83667	.49344	.86978	.56731	1.76271	26
35	.47844	.87812	.54484	1.83540	.49369	.86964	.56769	1.76151	25
36	.47869	.87798	.54522	1.83413	.49394	.86949	.56808	1.76032	24
37	.47895	.87784	.54560	1.83286	.49419	.86935	.56846	1.75913	23
38	.47920	.87770	.54597	1.83159	.49445	.86921	.56885	1.75794	22
39	.47946	.87756	.54635	1.83033	.49470	.86906	.56923	1.75675	21
40	.47971	.87743	.54673	1.82906	.49495	.86892	.56962	1.75556	20
41	.47997	.87729	.54711	1.82780	.49521	.86878	.57000	1.75437	19
42	.48022	.87715	.54748	1.82654	.49546	.86863	.57039	1.75319	18
43	.48048	.87701	.54786	1.82528	.49571	.86849	.57078	1.75200	17
44	.48073	.87687	.54824	1.82402	.49596	.86834	.57116	1.75082	16
45	.48099	.87673	.54862	1.82276	.49622	.86820	.57155	1.74964	15
46	.48124	.87659	.54900	1.82150	.49647	.86805	.57193	1.74846	14
47	.48150	.87645	.54938	1.82025	.49672	.86791	.57232	1.74728	13
48	.48175	.87631	.54975	1.81899	.49697	.86777	.57271	1.74610	12
49	.48201	.87617	.55013	1.81774	.49723	.86762	.57309	1.74492	11
50	.48226	.87603	.55051	1.81649	.49748	.86748	.57348	1.74375	10
51	.48252	.87589	.55089	1.81524	.49773	.86733	.57386	1..4257	9
52	.48277	.87575	.55127	1.81399	.49798	.86719	.57425	1.74140	8
53	.48303	.87561	.55165	1.81274	.49824	.86704	.57464	1.74022	7
54	.48328	.87546	.55203	1.81150	.49849	.86690	.57503	1.73905	6
55	.48354	.87532	.55241	1.81025	.49874	.86675	.57541	1.73788	5
56	.48379	.87518	.55279	1.80901	.49899	.86661	.57580	1.73671	4
57	.48405	.87504	.55317	1.80777	.49924	.86646	.57619	1.73555	3
58	.48430	.87490	.55355	1.80653	.49950	.86632	.57657	1.73438	2
59	.48456	.87476	.55393	1.80529	.49975	.86617	.57696	1.73321	1
60	.48481	.87462	.55431	1.80405	.50000	.86603	.57735	1.73205	0
′	Cos.	Sen.	Cot.	Tan.	Cos.	Sen.	Cot.	Tan.	′
	61°				60°				

′	30° Sen.	30° Cos.	30° Tan.	30° Cot.	31° Sen.	31° Cos.	31° Tan.	31° Cot.	′
0	.50000	.86603	.57735	1.73205	.51504	.85717	.60086	1.66428	60
1	.50025	.86588	.57774	1.73089	.51529	.85702	.60126	1.66318	59
2	.50050	.86573	.57813	1.72973	.51554	.85687	.60165	1.66209	58
3	.50076	.86559	.57851	1.72857	.51579	.85672	.60205	1.66099	57
4	.50101	.86544	.57890	1.72741	.51604	.85657	.60245	1.65990	56
5	.50126	.86530	.57929	1.72625	.51628	.85642	.60284	1.65881	55
6	.50151	.86515	.57968	1.72509	.51653	.85627	.60324	1.65772	54
7	.50176	.86501	.58007	1.72393	.51678	.85612	.60364	1.65663	53
8	.50201	.86486	.58046	1.72278	.51703	.85597	.60403	1.65554	52
9	.50227	.86471	.58085	1.72163	.51728	.85582	.60443	1.65445	51
10	.50252	.86457	.58124	1.72047	.51753	.85567	.60483	1.65337	50
11	.50277	.86442	.58162	1.71932	.51778	.85551	.60522	1.65228	49
12	.50302	.86427	.58201	1.71817	.51803	.85536	.60562	1.65120	48
13	.50327	.86413	.58240	1.71702	.51828	.85521	.60602	1.65011	47
14	.50352	.86398	.58279	1.71588	.51852	.85506	.60642	1.64903	46
15	.50377	.86384	.58318	1.71473	.51877	.85491	.60681	1.64795	45
16	.50403	.86369	.58357	1.71358	.51902	.85476	.60721	1.64687	44
17	.50428	.86354	.58396	1.71244	.51927	.85461	.60761	1.64579	43
18	.50453	.86340	.58435	1.71129	.51952	.85446	.60801	1.64471	42
19	.50478	.86325	.58474	1.71015	.51977	.85431	.60841	1.64363	41
20	.50503	.86310	.58513	1.70901	.52002	.85416	.60881	1.64256	40
21	.50528	.86295	.58552	1.70787	.52026	.85401	.60921	1.64148	39
22	.50553	.86281	.58591	1.70673	.52051	.85385	.60960	1.64041	38
23	.50578	.86266	.58631	1.70560	.52076	.85370	.61000	1.63934	37
24	.50603	.86251	.58670	1.70446	.52101	.85355	.61040	1.63826	36
25	.50628	.86237	.58709	1.70332	.52126	.85340	.61080	1.63719	35
26	.50654	.86222	.58748	1.70219	.52151	.85325	.61120	1.63612	34
27	.50679	.86207	.58787	1.70106	.52175	.85310	.61160	1.63505	33
28	.50704	.86192	.58826	1.69992	.52200	.85294	.61200	1.63398	32
29	.50729	.86178	.58865	1.69879	.52225	.85279	.61240	1.63292	31
30	.50754	.86163	.58905	1.69766	.52250	.85264	.61280	1.63185	30
31	.50779	.86148	.58944	1.69653	.52275	.85249	.61320	1.63079	29
32	.50804	.86133	.58983	1.69541	.52299	.85234	.61360	1.62972	28
33	.50829	.86119	.59022	1.69428	.52324	.85218	.61400	1.62866	27
34	.50854	.86104	.59061	1.69316	.52349	.85203	.61440	1.62760	26
35	.50879	.86089	.59101	1.69203	.52374	.85188	.61480	1.62654	25
36	.50904	.86074	.59140	1.69091	.52399	.85173	.61520	1.62548	24
37	.50929	.86059	.59179	1.68979	.52423	.85157	.61561	1.62442	23
38	.50954	.86045	.59218	1.68866	.52448	.85142	.61601	1.62336	22
39	.50979	.86030	.59258	1.68754	.52473	.85127	.61641	1.62230	21
40	.51004	.86015	.59297	1.68643	.52498	.85112	.61681	1.62125	20
41	.51029	.86000	.59336	1.68531	.52522	.85096	.61721	1.62019	19
42	.51054	.85985	.59376	1.68419	.52547	.85081	.61761	1.61914	18
43	.51079	.85970	.59415	1.68308	.52572	.85066	.61801	1.61808	17
44	.51104	.85956	.59454	1.68196	.52597	.85051	.61842	1.61703	16
45	.51129	.85941	.59494	1.68085	.52621	.85035	.61882	1.61598	15
46	.51154	.85926	.59533	1.67974	.52646	.85020	.61922	1.61493	14
47	.51179	.85911	.59573	1.67863	.52671	.85005	.61962	1.61388	13
48	.51204	.85896	.59612	1.67752	.52696	.84989	.62003	1.61283	12
49	.51229	.85881	.59651	1.67641	.52720	.84974	.62043	1.61179	11
50	.51254	.85866	.59691	1.67530	.52745	.84959	.62083	1.61074	10
51	.51279	.85851	.59730	1.67419	.52770	.84943	.62124	1.60970	9
52	.51304	.85836	.59770	1.67309	.52794	.84928	.62164	1.60865	8
53	.51329	.85821	.59809	1.67198	.52819	.84913	.62204	1.60761	7
54	.51354	.85806	.59849	1.67088	.52844	.84897	.62245	1.60657	6
55	.51379	.85792	.59888	1.66978	.52869	.84882	.62285	1.60553	5
56	.51404	.85777	.59928	1.66867	.52893	.84866	.62325	1.60449	4
57	.51429	.85762	.59967	1.66757	.52918	.84851	.62366	1.60345	3
58	.51454	.85747	.60007	1.66647	.52943	.84836	.62406	1.60241	2
59	.51479	.85732	.60046	1.66538	.52967	.84820	.62446	1.60137	1
60	.51504	.85717	.60086	1.66428	.52992	.84805	.62487	1.60033	0
′	59° Cos.	59° Sen.	59° Cot.	59° Tan.	58° Cos.	58° Sen.	58° Cot.	58° Tan.	′

	32°				33°				
′	Sen.	Cos	Tan.	Cot	Sen.	Cos.	Tan.	Cot.	′
0	.52992	.84805	.62487	1.60033	.54464	.83867	.64941	1.53986	60
1	.53017	.84789	.62527	1.59930	.54488	.83851	.64982	1.53888	59
2	.53041	.84774	.62568	1.59826	.54513	.83835	.65024	1.53791	58
3	.53066	.84759	.62608	1.59723	.54537	.83819	.65065	1.53693	57
4	.53091	.84743	.62649	1.59620	.54561	.83804	.65106	1.53595	56
5	.53115	.84728	.62689	1.59517	.54586	.83788	.65148	1.53497	55
6	.53140	.84712	.62730	1.59414	.54610	.83772	.65189	1.53400	54
7	.53164	.84697	.62770	1.59311	.54635	.83756	.65231	1.53302	53
8	.53189	.84681	.62811	1.59208	.54659	.83740	.65272	1.53205	52
9	.53214	.84666	.62852	1.59105	.54683	.83724	.65314	1.53107	51
10	.53238	.84650	.62892	1.59002	.54708	.83708	.65355	1.53010	50
11	.53263	.84635	.62933	1.58900	.54732	.83692	.65397	1.52913	49
12	.53288	.84619	.62973	1.58797	.54756	.83676	.65438	1.52816	48
13	.53312	.84604	.63014	1.58695	.54781	.83660	.65480	1.52719	47
14	.53337	.84588	.63055	1.58593	.54805	.83645	.65521	1.52622	46
15	.53361	.84573	.63095	1.58490	.54829	.83629	.65563	1.52525	45
16	.53386	.84557	.63136	1.58388	.54854	.83613	.65604	1.52429	44
17	.53411	.84542	.63177	1.58286	.54878	.83597	.65646	1.52332	43
18	.53435	.84526	.63217	1.58184	.54902	.83581	.65688	1.52235	42
19	.53460	.84511	.63258	1.58083	.54927	.83565	.65729	1.52139	41
20	.53484	.84495	.63299	1.57981	.54951	.83549	.65771	1.52043	40
21	.53509	.84480	.63340	1.57879	.54975	.83533	.65813	1.51946	39
22	.53534	.84464	.63380	1.57778	.54999	.83517	.65854	1.51850	38
23	.52558	.84448	.63421	1.57676	.55024	.83501	.65896	1.51754	37
24	.53583	.84433	.63462	1.57575	.55048	.83485	.65938	1.51658	36
25	.53607	.84417	.63503	1.57474	.55072	.83469	.65980	1.51562	35
26	.53632	.84402	.63544	1.57372	.55097	.83453	.66021	1.51466	34
27	.53656	.84386	.63584	1.57271	.55121	.83437	.66063	1.51370	33
28	.53681	.84370	.63625	1.57170	.55145	.83421	.66105	1.51275	32
29	.53705	.84355	.63666	1.57069	.55169	.83405	.66147	1.51179	31
30	.53730	.84339	.63707	1.56969	.55194	.83389	.66189	1.51084	30
31	.53754	.84324	.63748	1.56868	.55218	.83373	.66230	1.50988	29
32	.53779	.84308	.63789	1.56767	.55242	.83356	.66272	1.50893	28
33	.53804	.84292	.63830	1.56667	.55266	.83340	.66314	1.50797	27
34	.53828	.84277	.63871	1.56566	.55291	.83324	.66356	1.50702	26
35	.53853	.84261	.63912	1.56466	.55315	.83308	.66398	1.50607	25
36	.53877	.84245	.63953	1.56366	.55339	.83292	.66440	1.50512	24
37	.53902	.84230	.63994	1.56265	.55363	.83276	.66482	1.50417	23
38	.53926	.84214	.64035	1.56165	.55388	.83260	.66524	1.50322	22
39	.53951	.84198	.64076	1.56065	.55412	.83244	.66566	1.50228	21
40	.53975	.84182	.64117	1.55966	.55436	.83228	.66608	1.50133	20
41	.54000	.84167	.64158	1.55866	.55460	.83212	.66650	1.50038	19
42	.54024	.84151	.64199	1.55766	.55484	.83195	.66692	1.49944	18
43	.54049	.84135	.64240	1.55666	.55509	.83179	.66734	1.49849	17
44	.54073	.84120	.64281	1.55567	.55533	.83163	.66776	1.49755	16
45	.54097	.84104	.64322	1.55467	.55557	.83147	.66818	1.49661	15
46	.54122	.84088	.64363	1.55368	.55581	.83131	.66860	1.49566	14
47	.54146	.84072	.64404	1.55269	.55605	.83115	.66902	1.49472	13
48	.54171	.84057	.64446	1.55170	.55630	.83098	.66944	1.49378	12
49	.54195	.84041	.64487	1.55071	.55654	.83082	.66986	1.49284	11
50	.54220	.84025	.64528	1.54972	.55678	.83066	.67028	1.49190	10
51	.54244	.84009	.64569	1.54873	.55702	.83050	.67071	1.49097	9
52	.54269	.83994	.64610	1.54774	.55726	.83034	.67113	1.49003	8
53	.54293	.83978	.64652	1.54675	.55750	.83017	.67155	1.48909	7
54	.54317	.83962	.64693	1.54576	.55775	.83001	.67197	1.48816	6
55	.54342	.83946	.64734	1.54478	.55799	.82985	.67239	1.48722	5
56	.54366	.83930	.64775	1.54379	.55823	.82969	.67282	1.48629	4
57	.54391	.83915	.64817	1.54281	.55847	.82953	.67324	1.48536	3
58	.54415	.83899	.64858	1.54183	.55871	.82936	.67366	1.48442	2
59	.54440	.83883	.64899	1.54085	.55895	.82920	.67409	1.48349	1
60	.54464	.83867	.64941	1.53986	.55919	.82904	.67451	1.48256	0
′	Cos.	Sen.	Cot.	Tan.	Cos.	Sen.	Cot.	Tan.	′
	57°				56°				

′	34° Sen.	34° Cos.	34° Tan.	34° Cot.	35° Sen.	35° Cos.	35° Tan.	35° Cot.	′
0	.55919	.82904	.67451	1.48256	.57358	.81915	.70021	1.42815	60
1	.55943	.82887	.67493	1.48163	.57381	.81899	.70064	1.42726	59
2	.55968	.82871	.67536	1.48070	.57405	.81882	.70107	1.42638	58
3	.55992	.82855	.67578	1.47977	.57429	.81865	.70151	1.42550	57
4	.56016	.82839	.67620	1.47885	.57453	.81848	.70194	1.42462	56
5	.56040	.82822	.67663	1.47792	.57477	.81832	.70238	1.42374	55
6	.56064	.82806	.67705	1.47699	.57501	.81815	.70281	1.42286	54
7	.56088	.82790	.67748	1.47607	.57524	.81798	.70325	1.42198	53
8	.56112	.82773	.67790	1.47514	.57548	.81782	.70368	1.42110	52
9	.56136	.82757	.67832	1.47422	.57572	.81765	.70412	1.42022	51
10	.56160	.82741	.67875	1.47330	.57596	.81748	.70455	1.41934	50
11	.56184	.82724	.67917	1.47238	.57619	.81731	.70499	1.41847	49
12	.56208	.82708	.67960	1.47146	.57643	.81714	.70542	1.41759	48
13	.56232	.82692	.68002	1.47053	.57667	.81698	.70586	1.41672	47
14	.56256	.82675	.68045	1.46962	.57691	.81681	.70629	1.41584	46
15	.56280	.82659	.68088	1.46870	.57715	.81664	.70673	1.41497	45
16	.56305	.82643	.68130	1.46778	.57738	.81647	.70717	1.41409	44
17	.56329	.82626	.68173	1.46686	.57762	.81631	.70760	1.41322	43
18	.56353	.82610	.68215	1.46595	.57786	.81614	.70804	1.41235	42
19	.56377	.82593	.68258	1.46503	.57810	.81597	.70848	1.41148	41
20	.56401	.82577	.68301	1.46411	.57833	.81580	.70891	1.41061	40
21	.56425	.82561	.68343	1.46320	.57857	.81563	.70935	1.40974	39
22	.56449	.82544	.68386	1.46229	.57881	.81546	.70979	1.40887	38
23	.56473	.82528	.68429	1.46137	.57904	.81530	.71023	1.40800	37
24	.56497	.82511	.68471	1.46046	.57928	.81513	.71066	1.40714	36
25	.56521	.82495	.68514	1.45955	.57952	.81496	.71110	1.40627	35
26	.56545	.82478	.68557	1.45864	.57976	.81479	.71154	1.40540	34
27	.56569	.82462	.68600	1.45773	.57999	.81462	.71198	1.40454	33
28	.56593	.82446	.68642	1.45682	.58023	.81445	.71242	1.40367	32
29	.56617	.82429	.68685	1.45592	.58047	.81428	.71285	1.40281	31
30	.56641	.82413	.68728	1.45501	.58070	.81412	.71329	1.40195	30
31	.56665	.82396	.68771	1.45410	.58094	.81395	.71373	1.40109	29
32	.56689	.82380	.68814	1.45320	.58118	.81378	.71417	1.40022	28
33	.56713	.82363	.68857	1.45229	.58141	.81361	.71461	1.39936	27
34	.56736	.82347	.68900	1.45139	.58165	.81344	.71505	1.39850	26
35	.56760	.82330	.68942	1.45049	.58189	.81327	.71549	1.39764	25
36	.56784	.82314	.68985	1.44958	.58212	.81310	.71593	1.39679	24
37	.56808	.82297	.69028	1.44868	.58236	.81293	.71637	1.39593	23
38	.56832	.82281	.69071	1.44778	.58260	.81276	.71681	1.39507	22
39	.56856	.82264	.69114	1.44688	.58283	.81259	.71725	1.39421	21
40	.56880	.82248	.69157	1.44598	.58307	.81242	.71769	1.39336	20
41	.56904	.82231	.69200	1.44508	.58330	.81225	.71813	1.39250	19
42	.56928	.82214	.69243	1.44418	.58354	.81208	.71857	1.39165	18
43	.56952	.82198	.69286	1.44329	.58378	.81191	.71901	1.39079	17
44	.56976	.82181	.69329	1.44239	.58401	.81174	.71946	1.38994	16
45	.57000	.82165	.69372	1.44149	.58425	.81157	.71990	1.38909	15
46	.57024	.82148	.69416	1.44060	.58449	.81140	.72034	1.38824	14
47	.57047	.82132	.69459	1.43970	.58472	.81123	.72078	1.38738	13
48	.57071	.82115	.69502	1.43881	.58496	.81106	.72122	1.38653	12
49	.57095	.82098	.69545	1.43792	.58519	.81089	.72167	1.38568	11
50	.57119	.82082	.69588	1.43703	.58543	.81072	.72211	1.38484	10
51	.57143	.82065	.69631	1.43614	.58567	.81055	.72255	1.38399	9
52	.57167	.82048	.69675	1.43525	.58590	.81038	.72299	1.38314	8
53	.57191	.82032	.69718	1.43436	.58614	.81021	.72344	1.38229	7
54	.57215	.82015	.69761	1.43347	.58637	.81004	.72388	1.38145	6
55	.57238	.81999	.69804	1.43258	.58661	.80987	.72432	1.38060	5
56	.57262	.81982	.69847	1.43169	.58684	.80970	.72477	1.37976	4
57	.57286	.81965	.69891	1.43080	.58708	.80953	.72521	1.37891	3
58	.57310	.81949	.69934	1.42992	.58731	.80936	.72565	1.37807	2
59	.57334	.81932	.69977	1.42903	.58755	.80919	.72610	1.37722	1
60	.57358	.81915	.70021	1.42815	.58779	.80902	.72654	1.37638	0
′	55° Cos.	55° Sen.	55° Cot.	55° Tan.	54° Cos.	54° Sen.	54° Cot.	54° Tan.	′

	36°				37°				
'	Sen.	Cos.	Tan.	Cot.	Sen.	Cos.	Tan.	Cot.	'
0	.58779	.80902	.72654	1.37638	.60182	.79864	.75355	1.32704	60
1	.58802	.80885	.72699	1.37554	.60205	.79846	.75401	1.32624	59
2	.58826	.80867	.72743	1.37470	.60228	.79829	.75447	1.32544	58
3	.58849	.80850	.72788	1.37386	.60251	.79811	.75492	1.32464	57
4	.58873	.80833	.72832	1.37302	.60274	.79793	.75538	1.32384	56
5	.58896	.80816	.72877	1.37218	.60298	.79776	.75584	1.32304	55
6	.58920	.80799	.72921	1.37134	.60321	.79758	.75629	1.32224	54
7	.58943	.80782	.72966	1.37050	.60344	.79741	.75675	1.32144	53
8	.58967	.80765	.73010	1.36967	.60367	.79723	.75721	1.32064	52
9	.58990	.80748	.73055	1.36883	.60390	.79706	.75767	1.31984	51
10	.59014	.80730	.73100	1.36800	.60414	.79688	.75812	1.31904	50
11	.59037	.80713	.73144	1.36716	.60437	.79671	.75858	1.31825	49
12	.59061	.80696	.73189	1.36633	.60460	.79653	.75904	1.31745	48
13	.59084	.80679	.73234	1.36549	.60483	.79635	.75950	1.31666	47
14	.59108	.80662	.73278	1.36466	.60506	.79618	.75996	1.31586	46
15	.59131	.80644	.73323	1.36383	.60529	.79600	.76042	1.31507	45
16	.59154	.80627	.73368	1.36300	.60553	.79583	.76088	1.31427	44
17	.59178	.80610	.73413	1.36217	.60576	.79565	.76134	1.31348	43
18	.59201	.80593	.73457	1.36134	.60599	.79547	.76180	1.31269	42
19	.59225	.80576	.73502	1.36051	.60622	.79530	.76226	1.31190	41
20	.59248	.80558	.73547	1.35968	.60645	.79512	.76272	1.31110	40
21	.59272	.80541	.73592	1.35885	.60668	.79494	.76318	1.31031	39
22	.59295	.80524	.73637	1.35802	.60691	.79477	.76364	1.30952	38
23	.59318	.80507	.73681	1.35719	.60714	.79459	.76410	1.30873	37
24	.59342	.80489	.73726	1.35637	.60738	.79441	.76456	1.30795	36
25	.59365	.80472	.73771	1.35554	.60761	.79424	.76502	1.30716	35
26	.59389	.80455	.73816	1.35472	.60784	.79406	.76548	1.30637	34
27	.59412	.80438	.73861	1.35389	.60807	.79388	.76594	1.30558	33
28	.59436	.80420	.73906	1.35307	.60830	.79371	.76640	1.30480	32
29	.59459	.80403	.73951	1.35224	.60853	.79353	.76686	1.30401	31
30	.59482	.80386	.73996	1.35142	.60876	.79335	.76733	1.30323	30
31	.59506	.80368	.74041	1.35060	.60899	.79318	.76779	1.30244	29
32	.59529	.80351	.74086	1.34978	.60922	.79300	.76825	1.30166	28
33	.59552	.80334	.74131	1.34896	.60945	.79282	.76871	1.30087	27
34	.59576	.80316	.74176	1.34814	.60968	.79264	.76918	1.30009	26
35	.59599	.80299	.74221	1.34732	.60991	.79247	.76964	1.29931	25
36	.59622	.80282	.74267	1.34650	.61015	.79229	.77010	1.29853	24
37	.59646	.80264	.74312	1.34568	.61038	.79211	.77057	1.29775	23
38	.59669	.80247	.74357	1.34487	.61061	.79193	.77103	1.29696	22
39	.59693	.80230	.74402	1.34405	.61084	.79176	.77149	1.29618	21
40	.59716	.80212	.74447	1.34323	.61107	.79158	.77196	1.29541	20
41	.59739	.80195	.74492	1.34242	.61130	.79140	.77242	1.29463	19
42	.59763	.80178	.74538	1.34160	.61153	.79122	.77289	1.29385	18
43	.59786	.80160	.74583	1.34079	.61176	.79105	.77335	1.29307	17
44	.59809	.80143	.74628	1.33998	.61199	.79087	.77382	1.29229	16
45	.59832	.80125	.74674	1.33916	.61222	.79069	.77428	1.29152	15
46	.59856	.80108	.74719	1.33835	.61245	.79051	.77475	1.29074	14
47	.59879	.80091	.74764	1.33754	.61268	.79033	.77521	1.28997	13
48	.59902	.80073	.74810	1.33673	.61291	.79016	.77568	1.28919	12
49	.59926	.80056	.74855	1.33592	.61314	.78998	.77615	1.28842	11
50	.59949	.80038	.74900	1.33511	.61337	.78980	.77661	1.28764	10
51	.59972	.80021	.74946	1.33430	.61360	.78962	.77708	1.28687	9
52	.59995	.80003	.74991	1.33349	.61383	.78944	.77754	1.28610	8
53	.60019	.79986	.75037	1.33268	.61406	.78926	.77801	1.28533	7
54	.60042	.79968	.75082	1.33187	.61429	.78908	.77848	1.28456	6
55	.60065	.79951	.75128	1.33107	.61451	.78891	.77895	1.28379	5
56	.60089	.79934	.75173	1.33026	.61474	.78873	.77941	1.28302	4
57	.60112	.79916	.75219	1.32946	.61497	.78855	.77988	1.28225	3
58	.60135	.79899	.75264	1.32865	.61520	.78837	.78035	1.28148	2
59	.60158	.79881	.75310	1.32785	.61543	.78819	.78082	1.28071	1
60	.60182	.79864	.75355	1.32704	.61566	.78801	.78129	1.27994	0
'	Cos.	Sen.	Cot.	Tan.	Cos.	Sen.	Cot.	Tan.	'
	53°				52°				

'	38° Sen.	38° Cos.	38° Tan.	38° Cot.	39° Sen.	39° Cos.	39° Tan.	39° Cot.	'
0	.61566	.78801	.78129	1.27994	.62932	.77715	.80978	1.23490	60
1	.61589	.78783	.78175	1.27917	.62955	.77696	.81027	1.23416	59
2	.61612	.78765	.78222	1.27841	.62977	.77678	.81075	1.23343	58
3	.61635	.78747	.78269	1.27764	.63000	.77660	.81123	1.23270	57
4	.61658	.78729	.78316	1.27688	.63022	.77641	.81171	1.23196	56
5	.61681	.78711	.78363	1.27611	.63045	.77623	.81220	1.23123	55
6	.61704	.78694	.78410	1.27535	.63068	.77605	.81268	1.23050	54
7	.61726	.78676	.78457	1.27458	.63090	77586	.81316	1.22977	53
8	.61749	.78658	.78504	1.27382	.63113	.77568	.81364	1.22904	52
9	.61772	.78640	.78551	1.27306	.63135	.77550	.81413	1.22831	51
10	.61795	.78622	.78598	1.27230	.63158	.77531	.81461	1.22758	50
11	.61818	.78604	.78645	1.27153	.63180	.77513	.81510	1.22685	49
12	.61841	.78586	.78692	1.27077	.63203	.77494	.81558	1.22612	48
13	.61864	.78568	.78739	1.27001	.63225	.77476	.81606	1.22539	47
14	.61887	.78550	.78786	1.26925	.63248	.77458	.81655	1.22467	46
15	.61909	.78532	.78834	1.26849	.63271	.77439	.81703	1.22394	45
16	.61932	.78514	.78881	1.26774	.63293	.77421	.81752	1.22321	44
17	.61955	.78496	.78928	1.26698	.63316	.77402	.81800	1.22249	43
18	.61978	.78478	.78975	1.26622	.63338	.77384	.81849	1.22176	42
19	.62001	.78460	.79022	1.26546	.63361	.77366	.81898	1.22104	41
20	.62024	.78442	.79070	1.26471	.63383	.77347	.81946	1.22031	40
21	.62046	.78424	.79117	1.26395	.63406	.77329	.81995	1.21959	39
22	.62069	.78405	.79164	1.26319	.63428	.77310	.82044	1.21886	38
23	.62092	.78387	.79212	1.26244	.63451	.77292	.82092	1.21814	37
24	.62115	.78369	.79259	1.26169	.63473	.77273	.82141	1.21742	36
25	.62138	.78351	.79306	1.26093	.63496	.77255	.82190	1.21670	35
26	.62160	.78333	.79354	1.26018	.63518	.77236	.82238	1.21598	34
27	.62183	.78315	.79401	1.25943	.63540	.77218	.82287	1.21526	33
28	.62206	.78297	.79449	1.25867	.63563	.77199	.82336	1.21454	32
29	.62229	.78279	.79496	1.25792	.63585	.77181	.82385	1.21382	31
30	.62251	.78261	.79544	1.25717	.63608	.77162	.82434	1.21310	30
31	.62274	.78243	.79591	1.25642	.63630	.77144	.82483	1.21238	29
32	.62297	.78225	.79639	1.25567	.63653	.77125	.82531	1.21166	28
33	.62320	.78206	.79686	1.25492	.63675	.77107	.82580	1.21094	27
34	.62342	.78188	.79734	1.25417	.63698	.77088	.82629	1.21023	26
35	.62365	.78170	.79781	1.25343	.63720	.77070	.82678	1.20951	25
36	.62388	.78152	.79829	1.25268	.63742	.77051	.82727	1.20879	24
37	.62411	.78134	.79877	1.25193	.63765	.77033	.82776	1.20808	23
38	.62433	.78116	.79924	1.25118	.63787	.77014	.82825	1.20736	22
39	.62456	.78098	.79972	1.25044	.63810	.76996	.82874	1.20665	21
40	.62479	.78079	.80020	1.24969	.63832	.76977	.82923	1.20593	20
41	.62502	.78061	.80067	1.24895	.63854	.76959	.82972	1.20522	19
42	.62524	.78043	.80115	1.24820	.63877	.76940	.83022	1.20451	18
43	.62547	.78025	.80163	1.24746	.63899	.76921	.83071	1.20379	17
44	.62570	.78007	.80211	1.24672	.63922	.76903	.83120	1.20308	16
45	.62592	.77988	.80258	1.24597	.63944	.76884	.83169	1.20237	15
46	.62615	.77970	.80306	1.24523	.63966	.76866	.83218	1.20166	14
47	.62638	.77952	.80354	1.24449	.63989	.76847	.83268	1.20095	13
48	.62660	.77934	.80402	1.24375	.64011	.76828	.83317	1.20024	12
49	.62683	.77916	.80450	1.24301	.64033	.76810	.83366	1.19953	11
50	.62706	.77897	.80498	1.24227	.64056	.76791	.83415	1.19882	10
51	.62728	.77879	.80546	1.24153	.64078	.76772	.83465	1.19811	9
52	.62751	.77861	.80594	1.24079	.64100	.76754	.83514	1.19740	8
53	.62774	.77843	.80642	1.24005	.64123	.76735	.83564	1.19669	7
54	.62796	.77824	.80690	1.23931	.64145	.76717	.83613	1.19599	6
55	.62819	.77806	.80738	1.23858	.64167	.76698	.83662	1.19528	5
56	.62842	.77788	.80786	1.23784	.64190	.76679	.83712	1.19457	4
57	.62864	.77769	.80834	1.23710	.64212	.76661	.83761	1.19387	3
58	.62887	.77751	.80882	1.23637	.64234	.76642	.83811	1.19316	2
59	.62909	.77733	.80930	1.23563	.64256	.76623	.83860	1.19246	1
60	.62932	.77715	80978	1.23490	.64279	.76604	.83910	1.19175	0
'	51° Cos.	51° Sen.	51° Cot.	51° Tan.	50° Cos.	50° Sen.	50° Cot.	50° Tan.	'

'	40° Sen.	40° Cos.	40° Tan.	40° Cot.	41° Sen.	41° Cos.	41° Tan.	41° Cot.	'
0	.64279	.76604	.83910	1.19175	.65606	.75471	.86929	1.15037	60
1	.64301	.76586	.83960	1.19105	.65628	.75452	.86980	1.14969	59
2	.64323	.76567	.84009	1.19035	.65650	.75433	.87031	1.14902	58
3	.64346	.76548	.84059	1.18964	.65672	.75414	.87082	1.14834	57
4	.64368	.76530	.84108	1.18894	.65694	.75395	.87133	1.14767	56
5	.64390	.76511	.84158	1.18824	.65716	.75375	.87184	1.14699	55
6	.64412	.76492	.84208	1.18754	.65738	.75356	.87236	1.14632	54
7	.64435	.76473	.84258	1.18684	.65759	.75337	.87287	1.14565	53
8	.64457	.76455	.84307	1.18614	.65781	.75318	.87338	1.14498	52
9	.64479	.76436	.84357	1.18544	.65803	.75299	.87389	1.14430	51
10	.64501	.76417	.84407	1.18474	.65825	.75280	.87441	1.14363	50
11	.64524	.76398	.84457	1.18404	.65847	.75261	.87492	1.14296	49
12	.64546	.76380	.84507	1.18334	.65869	.75241	.87543	1.14229	48
13	.64568	.76361	.84556	1.18264	.65891	.75222	.87595	1.14162	47
14	.64590	.76342	.84606	1.18194	.65913	.75203	.87646	1.14095	46
15	.64612	.76323	.84656	1.18125	.65935	.75184	.87698	1.14028	45
16	.64635	.76304	.84706	1.18055	.65956	.75165	.87749	1.13961	44
17	.64657	.76286	.84756	1.17986	.65978	.75146	.87801	1.13894	43
18	.64679	.76267	.84806	1.17916	.66000	.75126	.87852	1.13828	42
19	.64701	.76248	.84856	1.17846	.66022	.75107	.87904	1.13761	41
20	.64723	.76229	.84906	1.17777	.66044	.75088	.87955	1.13694	40
21	.64746	.76210	.84956	1.17708	.66066	.75069	.88007	1.13627	39
22	.64768	.76192	.85006	1.17638	.66088	.75050	.88059	1.13561	38
23	.64790	.76173	.85057	1.17569	.66109	.75030	.88110	1.13494	37
24	.64812	.76154	.85107	1.17500	.66131	.75011	.88162	1.13428	36
25	.64834	.76135	.85157	1.17430	.66053	.74992	.88204	1.13361	35
26	.64856	.76116	.85207	1.17361	.66175	.74973	.88265	1.13295	34
27	.64878	.76097	.85257	1.17292	.66197	.74953	.88317	1.13228	33
28	.64901	.76078	.85308	1.17223	.66218	.74934	.88369	1.13162	32
29	.64923	.76059	.85358	1.17154	.66240	.74915	.88421	1.13096	31
30	.64945	.76041	.85408	1.17085	.66262	.74896	.88473	1.13029	30
31	.64967	.76022	.85458	1.17016	.66284	.74876	.88524	1.12963	29
32	.64989	.76003	.85509	1.16947	.66306	.74857	.88576	1.12897	28
33	.65011	.75984	.85559	1.16878	.66327	.74838	.88628	1.12831	27
34	.65033	.75965	.85609	1.16809	.66349	.74818	.88680	1.12765	26
35	.65055	.75946	.85660	1.16741	.66371	.74799	.88732	1.12699	25
36	.65077	.75927	.85710	1.16672	.66393	.74780	.88784	1.12633	24
37	.65100	.75908	.85761	1.16603	.66414	.74760	.88836	1.12567	23
38	.65122	.75889	.85811	1.16535	.66436	.74741	.88888	1.12501	22
39	.65144	.75870	.85862	1.16466	.66458	.74722	.88940	1.12435	21
40	.65166	.75851	.85912	1.16398	.66480	.74703	.88992	1.12369	20
41	.65188	.75832	.85963	1.16329	.66501	.74683	.89045	1.12303	19
42	.65210	.75813	.86014	1.16261	.66523	.74664	.89097	1.12238	18
43	.65232	.75794	.86064	1.16192	.66545	.74644	.89149	1.12172	17
44	.65254	.75775	.86115	1.16124	.66566	.74625	.89201	1.12106	16
45	.65276	.75756	.86166	1.16056	.66588	.74606	.89253	1.12041	15
46	.65298	.75738	86216	1.15987	.66610	.74586	.89306	1.11975	14
47	.65320	.75719	.86267	1.15919	.66632	.74567	.89358	1.11909	13
48	.65342	.75700	.86318	1.15851	.66653	.74548	.89410	1.11844	12
49	.65364	.75680	.86368	1.15783	.66675	.74528	.89463	1.11778	11
50	.65386	.75661	.86419	1.15715	.66697	.74509	.89515	1.11713	10
51	.65408	.75642	.86470	1.15647	.66718	.74489	.89567	1.11648	9
52	.65430	.75623	.86521	1.15579	.66740	.74470	.89620	1.11582	8
53	.65452	.75604	.86572	1.15511	.66762	.74451	.89672	1.11517	7
54	.65474	.75585	.86623	1.15443	.66783	.74431	.89725	1.11452	6
55	.65496	.75566	.86674	1.15375	.66805	.74412	.89777	1.11387	5
56	.65518	.75547	.86725	1.15308	.66827	.74392	.89830	1.11321	4
57	.65540	.75528	.86776	1.15240	.66848	.74373	.89883	1.11256	3
58	.65562	.75509	.86827	1.15172	.66870	.74353	.89935	1.11191	2
59	.65584	.75490	.86878	1.15104	.66891	.74334	.89988	1.11126	1
60	.65606	.75471	.86929	1.15037	.66913	.74314	.90040	1.11061	0
'	49° Cos.	49° Sen.	49° Cot.	49° Tan.	48° Cos.	48° Sen.	48° Cot.	48° Tan.	'

TABLA X.—SEN, COSEN, TANGENTE, COT. NATURAL

	42°				43°			
′	Sen.	Cos.	Tan.	Cot.	Sen.	Cos.	Tan.	Cot.
0	.66913	.74314	.90040	1.11061	.68200	.73135	.93252	1.07237
1	.66935	.74295	.90093	1 10996	.68221	.73116	.93306	1.07174
2	.66956	.74276	.90146	1.10931	.68242	.73096	.93360	1.07112
3	.66978	.74256	.90199	1.10867	.68264	.73076	.93415	1.07049
4	.66999	.74237	.90251	1.10802	.68285	.73056	.93469	1.06987
5	.67021	.74217	.90304	1.10737	68306	.73036	.93524	1.06925
6	67043	.74198	.90357	1.10672	.68327	.73016	.93578	1.06862
7	.67064	.74178	.90410	1.10607	.68349	.72996	.93633	1.06800
8	.67086	.74159	.90463	1.10543	.68370	.72976	.93688	1.06738
9	.67107	.74139	.90516	1.10478	.68391	.72957	.93742	1.06676
10	.67129	.74120	.90569	1.10414	.68412	.72937	.93797	1.06613
11	.67151	.74100	.90621	1.10349	.68434	.72917	.93852	1.06551
12	.67172	.74080	.90674	1.10285	.68455	.72897	.93906	1.06489
13	.67194	.74061	90727	1.10220	.68476	.72877	.93961	1.06427
14	.67215	.74041	.90781	1.10156	.68497	.72857	.94016	1.06365
15	.67237	.74022	.90834	1.10091	.68518	.72837	.94071	1.06303
16	.67258	.74002	.90887	1.10027	.68539	.72817	.94125	1.06241
17	.67280	.73983	.90940	1.09963	.68561	.72797	.94180	1.06179
18	.67301	.73963	.90993	1.09899	.68582	.72777	.94235	1.06117
19	.67323	.73944	.91046	1.09834	.68603	.72757	.94290	1.06056
20	.67344	.73924	.91099	1.09770	.68624	.72737	.94345	1.05994
21	.67366	.73904	.91153	1.09706	.68645	.72717	.94400	1.05932
22	.67387	.73885	.91206	1.09642	.68666	.72697	.94455	1.05870
23	.67409	.73865	.91259	1.09578	.68688	.72677	.94510	1.05809
24	.67430	.73846	.91313	1.09514	.68709	.72657	.94565	1.05747
25	67452	.73826	.91366	1.09450	.68730	.72637	.94620	1.05685
26	.67473	.73806	.91419	1.09386	.68751	.72617	.94676	1.05624
27	.67495	.73787	.91473	1.09322	.68772	.72597	.94731	1.05562
28	.67516	.73767	.91526	1.09258	.68793	.72577	.94786	1.05501
29	.67538	.73747	.91580	1.09195	.68814	.72557	.94841	1.05439
30	.67559	.73728	.91633	1.09131	.68835	.72537	.94896	1.05378
31	.67580	.73708	.91687	1.09067	.68857	.72517	.94952	1.05317
32	.67602	.73688	.91740	1.09003	.68878	.72497	.95007	1.05255
33	.67623	.73669	.91794	1.08940	.68899	.72477	.95062	1.05194
34	.67645	.73649	.91847	1.08876	.68920	.72457	.95118	1.05133
35	.67666	.73629	.91901	1.08813	.68941	.72437	.95173	1.05072
36	.67688	.73610	.91955	1.08749	.68962	.72417	.95229	1.05010
37	.67709	.73590	.92008	1.08686	.68983	.72397	.95284	1.04949
38	.67730	73570	.92062	1.08622	.69004	.72377	.95340	1.04888
39	.67752	.73551	.92116	1.08559	.69025	.72357	.95395	1.04827
40	.67773	.73531	.92170	1.08496	.69046	.72337	.95451	1.04766
41	.67795	.73511	.92224	1.08432	.69067	.72317	.95506	1.04705
42	.67816	.73491	.92277	1.08369	.69088	.72297	.95562	1.04644
43	.67837	.73472	.92331	1.08306	.69109	.72277	.95618	1.04583
44	.67859	.73452	.92385	1.08243	.69130	.72257	.95673	1.04522
45	.67880	.73432	.92439	1.08179	.69151	.72236	.95729	1.04461
46	.67901	.73413	.92493	1.08116	.69172	.72216	.95785	1.04401
47	.67923	.73393	.92547	1.08053	.69193	.72196	.95841	1.04340
48	.67944	.73373	.92601	1.07990	.69214	.72176	.95897	1.04279
49	.67965	.73353	.92655	1.07927	.69235	.72156	.95952	1.04218
50	.67987	.73333	.92709	1.07864	.69256	.72136	.96008	1.04158
51	.68008	.73314	.92763	1.07801	.69277	.72116	.96064	1.04097
52	.68029	.73294	.92817	1.07738	.69298	.72095	.96120	1.04036
53	.68051	.73274	.92872	1.07676	.69319	.72075	.96176	1.03976
54	.68072	.73254	.92926	1.07613	.69340	.72055	.96232	1.03915
55	.68093	.73234	.92980	1.07550	.69361	.72035	.96288	1.03855
56	.68115	.73215	.93034	1.07487	.69382	.72015	.96344	1.03794
57	.68136	.73195	.93088	1.07425	.69403	.71995	.96400	1.03734
58	.68157	.73175	.93143	1.07362	.69424	.71974	96457	1.03674
59	.68179	.73155	.93197	1.07299	.69445	.71954	.96513	1.03613
60	.68200	.73135	.93252	1.07237	.69466	71934	.96569	1.03553
′	Cos.	Sen.	Cot.	Tan.	Cos.	Sen.	Cot.	Tan.
	47°				46°			

44° **44°**

'	Sen.	Cos.	Tan.	Cot.	'	'	Sen.	Cos.	Tan.	Cot.	'
0	.69466	.71934	.96569	1.03553	60	30	.70091	.71325	.98270	1.01761	30
1	.69487	.71914	.96625	1.03493	59	31	.70112	.71305	.98327	1.01702	29
2	.69508	.71894	.96681	1.03433	58	32	.70132	.71284	.98384	1.01642	28
3	.69529	.71873	.96738	1.03372	57	33	.70153	.71264	.98441	1.01583	27
4	.69549	.71853	.96794	1.03312	56	34	.70174	.71243	.98499	1.01524	26
5	.69570	.71833	.96850	1.03252	55	35	.70195	.71223	.98556	1.01465	25
6	.69591	.71813	.96907	1.03192	54	36	.70215	.71203	.98613	1.01406	24
7	.69612	.71792	.96963	1.03132	53	37	.70236	.71182	.98671	1.01347	23
8	.69633	.71772	.97020	1.03072	52	38	.70257	.71162	.98728	1.01288	22
9	.69654	.71752	.97076	1.03012	51	39	.70277	.71141	.98786	1.01229	21
10	.69675	.71732	.97133	1.02952	50	40	.70298	.71121	98843	1.01170	20
11	.69696	.71711	.97189	1.02892	49	41	.70319	.71100	.98901	1.01112	19
12	.69717	.71691	.97246	1.02832	48	42	.70339	.71080	.98958	1.01053	18
13	.69737	.71671	.97302	1.02772	47	43	.70360	.71059	.99016	1.00994	17
14	.69758	.71650	.97359	1.02713	46	44	.70381	.71039	.99073	1.00935	16
15	.69779	.71630	.97416	1.02653	45	45	.70401	.71019	.99131	1.00876	15
16	.69800	.71610	.97472	1.02593	44	46	.70422	.70998	.99189	1.00818	14
17	.69821	.71590	.97529	1.02533	43	47	70443	.70978	.99247	1.00759	13
18	.69842	.71569	.97586	1.02474	42	48	.70463	.70957	.99304	1.00701	12
19	.69862	.71549	.97643	1.02414	41	49	.70484	70937	.99362	1.00642	11
20	.69883	.71529	.97700	1.02355	40	50	.70505	.70916	.99420	1.00583	10
21	.69904	.71508	.97756	1.02295	39	51	.70525	.70896	.99478	1.00525	9
22	.69925	.71488	.97813	1.02236	38	52	.70546	.70875	.99536	1.00467	8
23	.69946	.71468	.97870	1.02176	37	53	.70567	.70855	.99594	1.00408	7
24	.69966	.71447	.97927	1.02117	36	54	.70587	.70834	.99652	1.00350	6
25	.69987	.71427	.97984	1.02057	35	55	.70608	.70813	.99710	1.00291	5
26	.70008	.71407	98041	1.01998	34	56	.70628	.70793	.99768	1.00233	4
27	.70029	.71386	.98098	1.01939	33	57	.70649	.70772	.99826	1.00175	3
28	.70049	.71366	.98155	1.01879	32	58	.70670	.70752	.99884	1.00116	2
29	.70070	.71345	.98213	1.01820	31	59	.70690	.70731	.99942	1.00058	1
30	.70091	.71325	.98270	1.01761	30	60	.70711	.70711	1.00000	1.00000	0
'	Cos.	Sen.	Cot.	Tan.	'	'	Cos.	Sen.	Cot.	Tan.	'

45° **45°**

′	0°		1°		2°		3°		′
	Vers.	Ex. sec.	Vers.	Ex. sec.	Vers.	Ex. sec.	Vers.	Ex. sec.	
0	.00000	.00000	.00015	.00015	.00061	.00061	.00137	.00137	0
1	.00000	.00000	.00016	.00016	.00062	.00062	.00139	.00139	1
2	.00000	.00000	.00016	.00016	.00063	.00063	.00140	.00140	2
3	.00000	.00000	.00017	.00017	.00064	.00064	.00142	.00142	3
4	.00000	.00000	.00017	.00017	.00065	.00065	.00143	.00143	4
5	.00000	.00000	.00018	.00018	.00066	.00066	.00145	.00145	5
6	.00000	.00000	.00018	.00018	.00067	.00067	.00146	.00147	6
7	.00000	.00000	.00019	.00019	.00068	.00068	.00148	.00148	7
8	.00000	.00000	.00020	.00020	.00069	.00069	.00150	.00150	8
9	.00000	.00000	.00020	.00020	.00070	.00070	.00151	.00151	9
10	.00000	.00000	.00021	.00021	.00071	.00072	.00153	.00153	10
11	.00001	.00001	.00021	.00021	.00073	.00073	.00154	.00155	11
12	.00001	.00001	.00022	.00022	.00074	.00074	.00156	.00156	12
13	.00001	.00001	.00023	.00023	.00075	.00075	.00158	.00158	13
14	.00001	.00001	.00023	.00023	.00076	.00076	.00159	.00159	14
15	.00001	.00001	.00024	.00024	.00077	.00077	.00161	.00161	15
16	.00001	.00001	.00024	.00024	.00078	.00078	.00162	.00163	16
17	.00001	.00001	.00025	.00025	.00079	.00079	.00164	.00164	17
18	.00001	.00001	.00026	.00026	.00081	.00081	.00166	.00166	18
19	.00002	.00002	.00026	.00026	.00082	.00082	.00168	.00168	19
20	.00002	.00002	.00027	.00027	.00083	.00083	.00169	.00169	20
21	.00002	.00002	.00028	.00028	.00084	.00084	.00171	.00171	21
22	.00002	.00002	.00028	.00028	.00085	.00085	.00173	.00173	22
23	.00002	.00002	.00029	.00029	.00087	.00087	.00174	.00175	23
24	.00002	.00002	.00030	.00030	.00088	.00088	.00176	.00176	24
25	.00003	.00003	.00031	.00031	.00089	.00089	.00178	.00178	25
26	.00003	.00003	.00031	.00031	.00090	.00090	.00179	.00180	26
27	.00003	.00003	.00032	.00032	.00091	.00091	.00181	.00182	27
28	.00003	.00003	.00033	.00033	.00093	.00093	.00183	.00183	28
29	.00004	.00004	.00034	.00034	.00094	.00094	.00185	.00185	29
30	.00004	.00004	.00034	.00034	.00095	.00095	.00187	.00187	30
31	.00004	.00004	.00035	.00035	.00096	.00097	.00188	.00189	31
32	.00004	.00004	.00036	.00036	.00098	.00098	.00190	.00190	32
33	.00005	.00005	.00037	.00037	.00099	.00099	.00192	.00192	33
34	.00005	.00005	.00037	.00037	.00100	.00100	.00194	.00194	34
35	.00005	.00005	.00038	.00038	.00102	.00102	.00196	.00196	35
36	.00005	.00005	.00039	.00039	.00103	.00103	.00197	.00198	36
37	.00006	.00006	.00040	.00040	.00104	.00104	.00199	.00200	37
38	.00006	.00006	.00041	.00041	.00106	.00106	.00201	.00201	38
39	.00006	.00006	.00041	.00041	.00107	.00107	.00203	.00203	39
40	.00007	.00007	.00042	.00042	.00108	.00108	.00205	.00205	40
41	.00007	.00007	.00043	.00043	.00110	.00110	.00207	.00207	41
42	.00007	.00007	.00044	.00044	.00111	.00111	.00208	.00209	42
43	.00008	.00008	.00045	.00045	.00112	.00113	.00210	.00211	43
44	.00008	.00008	.00046	.00046	.00114	.00114	.00212	.00213	44
45	.00009	.00009	.00047	.00047	.00115	.00115	.00214	.00215	45
46	.00009	.00009	.00048	.00048	.00117	.00117	.00216	.00216	46
47	.00009	.00009	.00048	.00048	.00118	.00118	.00218	.00218	47
47	.00010	.00010	.00049	.00049	.00119	.00120	.00220	.00220	48
49	.00010	.00010	.00050	.00050	.00121	.00121	.00222	.00222	49
50	.00011	.00011	.00051	.00051	.00122	.00122	.00224	.00224	50
51	.00011	.00011	.00052	.00052	.00124	.00124	.00226	.00226	51
52	.00011	.00011	.00053	.00053	.00125	.00125	.00228	.00228	52
53	.00012	.00012	.00054	.00054	.00127	.00127	.00230	.00230	53
54	.00012	.00012	.00055	.00055	.00128	.00128	.00232	.00232	54
55	.00013	.00013	.00056	.00056	.00130	.00130	.00234	.00234	55
56	.00013	.00013	.00057	.00057	.00131	.00131	.00236	.00236	56
57	.00014	.00014	.00058	.00058	.00133	.00133	.00238	.00238	57
58	.00014	.00014	.00059	.00059	.00134	.00134	.00240	.00240	58
59	.00015	.00015	.00060	.00060	.00136	.00136	.00242	.00242	59
60	.00015	.00015	.00061	.00061	.00137	.00137	.00244	.00244	60

′	4° Vers.	4° Ex. sec.	5° Vers.	5° Ex. sec.	6° Vers.	6° Ex. sec.	7° Vers.	7° Ex. sec.	′
0	.00244	.00244	.00381	.00382	.00548	.00551	.00745	.00751	0
1	.00246	.00246	.00383	.00385	.00551	.00554	.00749	.00755	1
2	.00248	.00248	.00386	.00387	.00554	.00557	.00752	.00758	2
3	.00250	.00250	.00388	.00390	.00557	.00560	.00756	.00762	3
4	.00252	.00252	.00391	.00392	.00560	.00563	.00760	.00765	4
5	.00254	.00254	.00393	.00395	.00563	.00566	.00763	.00769	5
6	.00256	.00257	.00396	.00397	.00566	.00569	.00767	.00773	6
7	.00258	.00259	.00398	.00400	.00569	.00573	.00770	.00776	7
8	.00260	.00261	.00401	.00403	.00572	.00576	.00774	.00780	8
9	.00262	.00263	.00404	.00405	.00576	.00579	.00778	.00784	9
10	.00264	.00265	.00406	.00408	.00579	.00582	.00781	.00787	10
11	.00266	.00267	.00409	.00411	.00582	.00585	.00785	.00791	11
12	.00269	.00269	.00412	.00413	.00585	.00588	.00789	.00795	12
13	.00271	.00271	.00414	.00416	.00588	.00592	.00792	.00799	13
14	.00273	.00274	.00417	.00419	.00591	.00595	.00796	.00802	14
15	.00275	.00276	.00420	.00421	.00594	.00598	.00800	.00806	15
16	.00277	.00278	.00422	.00424	.00598	.00601	.00803	.00810	16
17	.00279	.00280	.00425	.00427	.00601	.00604	.00807	.00813	17
18	.00281	.00282	.00428	.00429	.00604	.00608	.00811	.00817	18
19	.00284	.00284	.00430	.00432	.00607	.00611	.00814	.00821	19
20	.00286	.00287	.00433	.00435	.00610	.00614	.00818	.00825	20
21	.00288	.00289	.00436	.00438	.00614	.00617	.00822	.00828	21
22	.00290	.00291	.00438	.00440	.00617	.00621	.00825	.00832	22
23	.00293	.00293	.00441	.00443	.00620	.00624	.00829	.00836	23
24	.00295	.00296	.00444	.00446	.00623	.00627	.00833	.00840	24
25	.00297	.00298	.00447	.00449	.00626	.00630	.00837	.00844	25
26	.00299	.00300	.00449	.00451	.00630	.00634	.00840	.00848	26
27	.00301	.00302	.00452	.00454	.00633	.00637	.00844	.00851	27
28	.00304	.00305	.00455	.00457	.00636	.00640	.00848	.00855	28
29	.00306	.00307	.00458	.00460	.00640	.00644	.00852	.00859	29
30	.00308	.00309	.00460	.00463	.00643	.00647	.00856	.00863	30
31	.00311	.00312	.00463	.00465	.00646	.00650	.00859	.00867	31
32	.00313	.00314	.00466	.00468	.00649	.00654	.00863	.00871	32
33	.00315	.00316	.00469	.00471	.00653	.00657	.00867	.00875	33
34	.00317	.00318	.00472	.00474	.00656	.00660	.00871	.00878	34
35	.00320	.00321	.00474	.00477	.00659	.00664	.00875	.00882	35
36	.00322	.00323	.00477	.00480	.00663	.00667	.00878	.00886	36
37	.00324	.00326	.00480	.00482	.00666	.00671	.00882	.00890	37
38	.00327	.00328	.00483	.00485	.00669	.00674	.00886	.00894	38
39	.00329	.00330	.00486	.00488	.00673	.00677	.00890	.00898	39
40	.00332	.00333	.00489	.00491	.00676	.00681	.00894	.00902	40
41	.00334	.00335	.00492	.00494	.00680	.00684	.00898	.00906	41
42	.00336	.00337	.00494	.00497	.00683	.00688	.00902	.00910	42
43	.00339	.00340	.00497	.00500	.00686	.00691	.00906	.00914	43
44	.00341	.00342	.00500	.00503	.00690	.00695	.00909	.00918	44
45	.00343	.00345	.00503	.00506	.00693	.00698	.00913	.00922	45
46	.00346	.00347	.00506	.00509	.00607	.00701	.00917	.00926	46
47	.00348	.00350	.00509	.00512	.00700	.00705	.00921	.00930	47
48	.00351	.00352	.00512	.00515	.00703	.00708	.00925	.00934	48
49	.00353	.00354	.00515	.00518	.00707	.00712	.00929	.00938	49
50	.00356	.00357	.00518	.00521	.00710	.00715	.00933	.00942	50
51	.00358	.00359	.00521	.00524	.00714	.00719	.00937	.00946	51
52	.00361	.00362	.00524	.00527	.00717	.00722	.00941	.00950	52
53	.00363	.00364	.00527	.00530	.00721	.00726	.00945	.00954	53
54	.00365	.00367	.00530	.00533	.00724	.00730	.00949	.00958	54
55	.00368	.00369	.00533	.00536	.00728	.00733	.00953	.00962	55
56	.00370	.00372	.00536	.00539	.00731	.00737	.00957	.00966	56
57	.00373	.00374	.00539	.00542	.00735	.00740	.00961	.00970	57
58	.00375	.00377	.00542	.00545	.00738	.00744	.00965	.00975	58
59	.00378	.00379	.00545	.00548	.00742	.00747	.00969	.00979	59
60	.00381	.00382	.00548	.00551	.00745	.00751	.00973	.00983	60

′	8° Vers.	8° Ex. sec.	9° Vers.	9° Ex. sec.	10° Vers.	10° Ex. sec.	11° Vers.	11° Ex. sec.	′
0	.00973	.00983	.01231	.01247	.01519	.01543	.01837	.01872	0
1	.00977	.00987	.01236	.01251	.01524	.01548	.01843	.01877	1
2	.00981	.00991	.01240	.01256	.01529	.01553	.01848	.01883	2
3	.00985	.00995	.01245	.01261	.01534	.01558	.01854	.01889	3
4	.00989	.00999	.01249	.01265	.01540	.01564	.01860	.01895	4
5	00994	.01004	.01254	.01270	.01545	.01569	.01865	.01901	5
6	.00998	.01008	.01259	.01275	.01550	.01574	01871	.01906	6
7	.01002	.01012	.01263	.01279	.01555	.01579	.01876	01912	7
8	.01006	.01016	.01268	.01284	.01560	.01585	.01882	.01918	8
9	.01010	.01020	.01272	.01289	.01565	.01590	.01888	.01924	9
10	.01014	.01024	.01277	.01294	.01570	.01595	.01893	.01930	10
11	.01018	.01029	.01282	.01298	.01575	.01601	.01899	.01936	11
12	.01022	.01033	.01286	.01303	.01580	.01606	.01904	.01941	12
13	.01027	.01037	.01291	.01308	.01586	.01611	.01910	.01947	13
14	.01031	.01041	.01296	.01313	.01591	.01616	.01916	.01953	14
15	.01035	.01046	.01300	.01318	.01596	.01622	.01921	.01959	15
16	.01039	.01050	.01305	.01322	.01601	.01627	.01927	.01965	16
17	.01043	.01054	.01310	.01327	.01606	.01633	.01933	.01971	17
18	.01047	.01059	.01314	.01332	.01612	.01638	.01939	.01977	18
19	.01052	.01063	.01319	.01337	.01617	.01643	.01944	.01983	19
20	.01056	.01067	.01324	.01342	.01622	.01649	.01950	.01989	20
21	01060	.01071	.01329	.01346	.01627	.01654	.01956	.01995	21
22	01064	.01076	.01333	.01351	.01632	.01659	.01961	.02001	22
23	.01069	.01080	.01338	.01356	.01638	.01665	.01967	.02007	23
24	.01073	.01084	.01343	.01361	.01643	.01670	.01973	.02013	24
25	.01077	.01089	.01348	.01366	.01648	.01676	.01979	.02019	25
26	.01081	.01093	.01352	.01371	.01653	.01681	.01984	.02025	26
27	.01086	.01097	.01357	.01376	.01659	.01687	.01990	.02031	27
28	.01090	.01102	.01362	.01381	.01664	.01692	.01996	.02037	28
29	.01094	.01106	.01367	.01386	.01669	.01698	.02002	.02043	29
30	.01098	.01111	.01371	.01391	.01675	.01703	.02008	.02049	30
31	.01103	.01115	.01376	.01395	.01680	.01709	.02013	.02055	31
32	.01107	.01119	.01381	.01400	.01685	.01714	.02019	.02061	32
33	.01111	.01124	.01386	.01405	.01690	.01720	.02025	.02067	33
34	.01116	.01128	.01391	.01410	.01696	.01725	.02031	.02073	34
35	.01120	.01133	.01396	.01415	.01701	.01731	.02037	.02079	35
36	.01124	.01137	.01400	.01420	.01706	.01736	.02042	.02085	36
37	.01129	.01142	.01405	.01425	.01712	.01742	.02048	.02091	37
38	.01133	.01146	.01410	.01430	.01717	.01747	.02054	.02097	38
39	.01137	.01151	.01415	.01435	.01723	.01753	.02060	.02103	39
40	.01142	.01155	.01420	.01440	.01728	.01758	.02066	.02110	40
41	.01146	.01160	.01425	.01445	.01733	.01764	.02072	.02116	41
42	.01151	.01164	.01430	.01450	.01739	.01769	.02078	.02122	42
43	.01155	.01169	.01435	.01455	.01744	.01775	.02084	.02128	43
44	.01159	01173	.01439	.01461	.01750	.01781	.02090	.02134	44
45	.01164	.01178	.01444	.01466	.01755	01786	.02095	.02140	45
46	.01168	.01182	.01449	.01471	.01760	.01792	.02101	.02146	46
47	.01173	.01187	.01454	.01476	.01766	.01798	.02107	.02153	47
48	.01177	.01191	.01459	.01481	.01771	.01803	.02113	.02159	48
49	.01182	.01196	.01464	.01486	.01777	.01809	.02119	.02165	49
50	.01186	.01200	.01469	.01491	.01782	.01815	.02125	.02171	50
51	.01191	.01205	.01474	.01496	.01788	.01820	.02131	.02178	51
52	.01195	.01209	.01479	.01501	.01793	.01826	.02137	.02184	52
53	.01200	.01214	.01484	.01506	.01799	.01832	.02143	.02190	53
54	.01204	.01219	.01489	.01512	.01804	01837	.02149	.02196	54
55	.01209	.01223	.01494	.01517	.01810	.01843	.02155	.02203	55
56	.01213	.01228	.01499	.01522	.01815	.01849	.02161	.02209	56
57	.01218	.01233	.01504	.01527	.01821	.01854	.02167	.02215	57
58	.01222	.01237	.01509	.01532	.01826	.01860	.02173	.02221	58
59	.01227	.01242	.01514	.01537	.01832	.01866	.02179	.02228	59
60	01231	.01247	.01519	.01543	.01837	.01872	.02185	.02234	60

	12°		13°		14°		15°		
'	Vers.	Ex. sec.	Vers.	Ex. sec.	Vers.	Ex. sec.	Vers.	Ex. sec.	'
0	.02185	.02234	.02563	.02630	.02970	.03061	.03407	.03528	0
1	.02191	.02240	.02570	.02637	.02977	.03069	.03415	.03536	1
2	.02197	.02247	.02576	.02644	.02985	.03076	.03422	.03544	2
3	.02203	.02253	.02583	.02651	.02992	.03084	.03430	.03552	3
4	.02210	.02259	.02589	.02658	.02999	.03091	.03438	.03560	4
5	.02216	.02266	.02596	.02665	.03006	.03099	.03445	.03568	5
6	.02222	.02272	.02602	.02672	.03013	.03106	.03453	.03576	6
7	.02228	.02279	.02609	.02679	.03020	.03114	.03460	.03584	7
8	.02234	.02285	.02616	.02686	.03027	.03121	.03468	.03592	8
9	.02240	.02291	.02622	.02693	.03034	.03129	.03476	.03601	9
10	.02246	.02298	.02629	.02700	.03041	.03137	.03483	.03609	10
11	.02252	.02304	.02635	.02707	.03048	.03144	.03491	.03617	11
12	.02258	.02311	.02642	.02714	.03055	.03152	.03498	.03625	12
13	.02265	.02317	.02649	.02721	.03063	.03159	.03506	.03633	13
14	.02271	.02323	.02655	.02728	.03070	.03167	.03514	.03642	14
15	.02277	.02330	.02662	.02735	.03077	.03175	.03521	.03650	15
16	.02283	.02336	.02669	.02742	.03084	.03182	.03529	.03658	16
17	.02289	.02343	.02675	.02749	.03091	.03190	.03537	.03666	17
18	.02295	.02349	.02682	.02756	.03098	.03198	.03544	.03674	18
19	.02302	.02356	.02689	.02763	.03106	.03205	.03552	.03683	19
20	.02308	.02362	.02696	.02770	.03113	.03213	.03560	.03691	20
21	.02314	.02369	.02702	.02777	.03120	.03221	.03567	.03699	21
22	.02320	.02375	.02709	.02784	.03127	.03228	.03575	.03708	22
23	.02327	.02382	.02716	.02791	.03134	.03236	.03583	.03716	23
24	.02333	.02388	.02722	.02799	.03142	.03244	.03590	.03724	24
25	.02339	.02395	.02729	.02806	.03149	.03251	.03598	.03732	25
26	.02345	.02402	.02736	.02813	.03156	.03259	.03606	.03741	26
27	.02352	.02408	.02743	.02820	.03163	.03267	.03614	.03749	27
28	.02358	.02415	.02749	.02827	.03171	.03275	.03621	.03758	28
29	.02364	.02421	.02756	.02834	.03178	.03282	.03629	.03766	29
30	.02370	.02428	.02763	.02842	.03185	.03290	.03637	.03774	30
31	.02377	.02435	.02770	.02849	.03193	.03298	.03645	.03783	31
32	.02383	.02441	.02777	.02856	.03200	.03306	.03653	.03791	32
33	.02389	.02448	.02783	.02863	.03207	.03313	.03660	.03799	33
34	.02396	.02454	.02790	.02870	.03214	.03321	.03668	.03808	34
35	.02402	.02461	.02797	.02878	.03222	.03329	.03676	.03816	35
36	.02408	.02468	.02804	.02885	.03229	.03337	.03684	.03825	36
37	.02415	.02474	.02811	.02892	.03236	.03345	.03692	.03833	37
38	.02421	.02481	.02818	.02899	.03244	.03353	.03699	.03842	38
39	.02427	.02488	.02824	.02907	.03251	.03360	.03707	.03850	39
40	.02434	.02494	.02831	.02914	.03258	.03368	.03715	.03858	40
41	.02440	.02501	.02838	.02921	.03266	.03376	.03723	.03867	41
42	.02447	.02508	.02845	.02928	.03273	.03384	.03731	.03875	42
43	.02453	.02515	.02852	.02936	.03281	.03392	.03739	.03884	43
44	.02459	.02521	.02859	.02943	.03288	.03400	.03747	.03892	44
45	.02466	.02528	.02866	.02950	.03295	.03408	.03754	.03901	45
46	.02472	.02535	.02873	.02958	.03303	.03416	.03762	.03909	46
47	.02479	.02542	.02880	.02965	.03310	.03424	.03770	.03918	47
48	.02485	.02548	.02887	.02972	.03318	.03432	.03778	.03927	48
49	.02492	.02555	.02894	.02980	.03325	.03439	.03786	.03935	49
50	.02498	.02562	.02900	.02987	.03333	.03447	.03794	.03944	50
51	.02504	.02569	.02907	.02994	.03340	.03455	.03802	.03952	51
52	.02511	.02576	.02914	.03002	.03347	.03463	.03810	.03961	52
53	.02517	.02582	.02921	.03009	.03355	.03471	.03818	.03969	53
54	.02524	.02589	.02928	.03017	.03362	.03479	.03826	.03978	54
55	.02530	.02596	.02935	.03024	.03370	.03487	.03834	.03987	55
56	.02537	.02603	.02942	.03032	.03377	.03495	.03842	.03995	56
57	.02543	.02610	.02949	.03039	.03385	.03503	.03850	.04004	57
58	.02550	.02617	.02956	.03046	.03392	.03512	.03858	.04013	58
59	.02556	.02624	.02963	.03054	.03400	.03520	.03866	.04021	59
60	.02563	.02630	.02970	.03061	.03407	.03528	.03874	.04030	60

′	16° Vers.	16° Ex. sec.	17° Vers.	17° Ex. sec.	18° Vers.	18° Ex. sec.	19° Vers.	19° Ex. sec	′
0	.03874	.04030	.04370	.04569	.04894	.05146	.05448	.05762	0
1	.03882	.04039	.04378	.04578	.04903	.05156	.05458	.05773	1
2	.03890	.04047	.04387	.04588	.04912	.05166	.05467	.05783	2
3	.03898	.04056	.04395	.04597	.04921	.05176	.05477	.05794	3
4	.03906	.04065	.04404	.04606	.04930	.05186	.05486	.05805	4
5	.03914	.04073	.04412	.04616	.04939	.05196	.05496	.05815	5
6	.03922	.04082	.04421	.04625	.04948	.05206	.05505	.05826	6
7	.03930	.04091	.04429	.04635	.04957	.05216	.05515	.05836	7
8	.03938	.04100	.04438	.04644	.04967	.05226	.05524	.05847	8
9	.03946	.04108	.04446	.04653	.04976	.05236	.05534	.05858	9
10	.03954	.04117	.04455	.04663	.04985	.05246	.05543	.05869	10
11	.03963	.04126	.04464	.04672	.04994	.05256	.05553	.05879	11
12	.03971	.04135	.04472	.04682	.05003	.05266	.05562	.05890	12
13	.03979	.04144	.04481	.04691	.05012	.05276	.05572	.05901	13
14	.03987	.04152	.04489	.04700	.05021	.05286	.05582	.05911	14
15	.03995	.04161	.04498	.04710	.05030	.05297	.05591	.05922	15
16	.04003	.04170	.04507	.04719	.05039	.05307	.05601	.05933	16
17	.04011	.04179	.04515	.04729	.05048	.05317	.05610	.05944	17
18	.04019	.04188	.04524	.04738	.05057	.05327	.05620	.05955	18
19	.04028	.04197	.04533	.04748	.05067	.05337	.05630	.05965	19
20	.04036	.04206	.04541	.04757	.05076	.05347	.05639	.05976	20
21	.04044	.04214	.04550	.04767	.05085	.05357	.05649	.05987	21
22	.04052	.04223	.04559	.04776	.05094	.05367	.05658	.05998	22
23	.04060	.04232	.04567	.04786	.05103	.05378	.05668	.06009	23
24	.04069	.04241	.04576	.04795	.05112	.05388	.05678	.06020	24
25	.04077	.04250	.04585	.04805	.05122	.05398	.05687	.06030	25
26	.04085	.04259	.04593	.04815	.05131	.05408	.05697	.06041	26
27	.04093	.04268	.04602	.04824	.05140	.05418	.05707	.06052	27
28	.04102	.04277	.04611	.04834	.05149	.05429	.05716	.06063	28
29	.04110	.04286	.04620	.04843	.05158	.05439	.05726	.06074	29
30	.04118	.04295	.04628	.04853	.05168	.05449	.05736	.06085	30
31	.04126	.04304	.04637	.04863	.05177	.05460	.05746	.06096	31
32	.04135	.04313	.04646	.04872	.05186	.05470	.05755	.06107	32
33	.04143	.04322	.04655	.04882	.05195	.05480	.05765	.06118	33
34	.04151	.04331	.04663	.04891	.05205	.05490	.05775	.06129	34
35	.04159	.04340	.04672	.04901	.05214	.05501	.05785	.06140	35
36	.04168	.04349	.04681	.04911	.05223	.05511	.05794	.06151	36
37	.04176	.04358	.04690	.04920	.05232	.05521	.05804	.06162	37
38	.04184	.04367	.04699	.04930	.05242	.05532	.05814	.06173	38
39	.04193	.04376	.04707	.04940	.05251	.05542	.05824	.06184	39
40	.04201	.04385	.04716	.04950	.05260	.05552	.05833	.06195	40
41	.04209	.04394	.04725	.04959	.05270	.05563	.05843	.06206	41
42	.04218	.04403	.04734	.04969	.05279	.05573	.05853	.06217	42
43	.04226	.04413	.04743	.04979	.05288	.05584	.05863	.06228	43
44	.04234	.04422	.04752	.04989	.05298	.05594	.05873	.06239	44
45	.04243	.04431	.04760	.04998	.05307	.05604	.05882	.06250	45
46	.04251	.04440	.04769	.05008	.05316	.05615	.05892	.06261	46
47	.04260	.04449	.04778	.05018	.05326	.05625	.05902	.06272	47
48	.04268	.04458	.04787	.05028	.05335	.05636	.05912	.06283	48
49	.04276	.04468	.04796	.05038	.05344	.05646	.05922	.06295	49
50	.04285	.04477	.04805	.05047	.05354	.05657	.05932	.06306	50
51	.04293	.04486	.04814	.05057	.05363	.05667	.05942	.06317	51
52	.04302	.04495	.04823	.05067	.05373	.05678	.05951	.06328	52
53	.04310	.04504	.04832	.05077	.05382	.05688	.05961	.06339	53
54	.04319	.04514	.04841	.05087	.05391	.05699	.05971	.06350	54
55	.04327	.04523	.04850	.05097	.05401	.05709	.05981	.06362	55
56	.04336	.04532	.04858	.05107	.05410	.05720	.05991	.06373	56
57	.04344	.04541	.04867	.05116	.05420	.05730	.06001	.06384	57
58	.04353	.04551	.04876	.05126	.05429	.05741	.06011	.06395	58
59	.04361	.04560	.04885	.05136	.05439	.05751	.06021	.06407	59
60	.04370	.04569	.04894	.05146	.05448	.05762	.06031	.06418	60

′	20° Vers.	20° Ex. sec.	21° Vers.	21° Ex. sec.	22° Vers.	22° Ex. sec.	23° Vers.	23° Ex. sec.	′
0	.06031	.06418	.06642	.07115	.07282	.07853	.07950	.08636	0
1	.06041	.06429	06652	.07126	.07293	.07866	.07961	.08649	1
2	.06051	.06440	.06663	.07138	.07303	.07879	.07972	.08663	2
3	.06061	.06452	.06673	.07150	.07314	.07892	.07984	.08676	3
4	.06071	06463	.06684	.07162	.07325	.07904	.07995	.08690	4
5	.06081	.06474	.06694	.07174	.07336	.07917	.08006	.08703	5
6	.06091	.06486	06705	.07186	.07347	.07930	.08018	.08717	6
7	.06101	06497	.06715	.07199	.07358	.07943	.08029	.08730	7
8	.06111	.06508	.06726	.07211	.07369	.07955	.08041	.08744	8
9	.06121	.06520	.06736	.07223	.07380	.07968	.08052	.08757	9
10	.06131	.06531	.06747	.07235	.07391	.07981	.08064	.08771	10
11	.06141	.06542	06757	.07247	.07402	.07994	.08075	.08784	11
12	.06151	.06554	.06768	.07259	.07413	.08006	.08086	.08798	12
13	.06161	.06565	.06778	.07271	.07424	.08019	.08098	.08811	13
14	.06171	.06577	.06789	.07283	.07435	.08032	.08109	.08825	14
15	.06181	.06588	.06799	.07295	.07446	.08045	.08121	.08839	15
16	.06191	.06600	.06810	.07307	.07457	.08058	.08132	.08852	16
17	.06201	.06611	.06820	.07320	.07468	.08071	.08144	.08866	17
18	.06211	.06622	.06831	.07332	.07479	.08084	.08155	.08880	18
19	.06221	.06634	.06841	.07344	.07490	.08097	.08167	.08893	19
20	.06231	.06645	.06852	.07356	.07501	.08109	.08178	.08907	20
21	.06241	.06657	.06863	.07368	.07512	.08122	.08190	.08921	21
22	.06252	.06668	06873	.07380	.07523	.08135	.08201	08934	22
23	.06262	.06680	.06884	.07393	.07534	.08148	.08213	.08948	23
24	.06272	.06691	.06894	.07405	.07545	.08161	.08225	.08962	24
25	.06282	.06703	.06905	.07417	.07556	.08174	.08236	.08975	25
26	.06292	.06715	.06916	.07429	.07568	.08087	08248	.08989	26
27	.06302	.06726	.06926	.07442	.07579	.08200	.08259	.09003	27
28	.06312	.06738	.06937	.07454	.07590	.08213	.08271	.09017	28
29	.06323	.06749	.06948	.07466	.07601	.08226	.08282	.09030	29
30	.06333	.06761	.06958	.07479	.07612	.08239	.08294	.09044	30
31	.06343	.06773	.06969	.07491	.07623	.08252	.08306	.09058	31
32	.06353	.06784	.06980	.07503	.07634	.08265	.08317	.09072	32
33	.06363	.06796	.06990	.07516	.07645	.08278	.08329	.09086	33
34	.06374	.06807	.07001	.07528	.07657	.08291	.08340	.09099	34
35	.06384	.06819	.07012	.07540	.07668	.08305	.08352	.09113	35
36	.06394	.06831	.07022	.07553	.07679	.08318	.08364	.09127	36
37	.06404	.06843	.07033	.07565	.07690	.08331	.08375	.09141	37
38	.06415	.06854	.07044	.07578	.07701	.08344	.08387	.09155	38
39	.06425	.06866	.07055	.07590	.07713	.08357	.08399	.09169	39
40	.06435	.06878	.07065	.07602	.07724	.08370	.08410	09183	40
41	.06445	.06889	.07076	.07615	.07735	.08383	.08422	.09197	41
42	.06456	.06901	.07087	.07627	.07746	08397	08434	.09211	42
43	.06466	.06913	.07098	.07640	.07757	.08410	.08445	.09224	43
44	.06476	.06925	.07108	.07652	.07769	.08423	.08457	.09238	44
45	06486	.06936	.07119	.07665	.07780	.08436	08469	.09252	45
46	.06497	.06948	.07130	.07677	.07791	.08449	.08481	.09266	46
47	.06507	.06960	.07141	.07690	.07802	.08463	.08492	.09280	47
48	.06517	.06972	.07151	.07702	07814	.08476	.08504	.09294	48
49	.06528	06984	.07162	.07715	.07825	.08489	.08516	09308	49
50	.06538	.06995	.07173	.07727	.07836	.08503	.08528	.09323	50
51	.06548	.07007	.07184	.07740	07848	.08516	.08539	.09337	51
52	.06559	.07019	.07195	.07752	07859	.08529	.08551	.09351	52
53	.06569	.07031	.07206	.07765	.07870	.08542	.08563	.09365	53
54	.06580	.07043	.07216	.07778	.07881	.08556	.08575	09379	54
55	.06590	.07055	.07227	.07790	.07893	.08569	.08586	.09393	55
56	.06600	.07067	.07238	.07803	.07904	.08582	.08598	.09407	56
57	.06611	.07079	.07249	.07816	.07915	.08596	.08610	.09421	57
58	.06621	.07091	.07260	.07828	.07927	.08069	.08622	.09435	58
59	.06632	.07103	.07271	.07841	.07938	.08623	08634	.09449	59
60	06642	.07115	.07282	.07853	.07950	.08636	.08645	.09464	60

′	24° Vers.	24° Ex. sec.	25° Vers.	25° Ex. sec.	26° Vers.	26° Ex. sec.	27° Vers.	27° Ex. sec.	′
0	.08645	.09464	.09369	.10338	.10121	.11260	.10899	.12233	0
1	.08657	.09478	.09382	.10353	.10133	.11276	.10913	.12249	1
2	.08669	.09492	.09394	.10368	.10146	.11292	.10926	.12266	2
3	.08681	.09506	.09406	.10383	.10159	.11308	.10939	.12283	3
4	.08693	.09520	.09418	.10398	.10172	.11323	.10952	.12299	4
5	.08705	.09535	.09431	.10413	.10184	.11339	.10965	.12316	5
6	.08717	.09549	.09443	.10428	.10197	.11355	.10979	.12333	6
7	.08728	.09563	.09455	.10443	.10210	.11371	.10992	.12349	7
8	.08740	.09577	.09468	.10458	.10223	.11387	.11005	.12366	8
9	.08752	.09592	.09480	.10473	.10236	.11403	.11019	.12383	9
10	.08764	.09606	.09493	.10488	.10248	.11419	.11032	.12400	10
11	.08776	.09620	.09505	.10503	.10261	.11435	.11045	.12416	11
12	.08788	.09635	.09517	.10518	.10274	.11451	.11058	.12433	12
13	.08800	.09649	.09530	.10533	.10287	.11467	.11072	.12450	13
14	.08812	.09663	.09542	.10549	.10300	.11483	.11085	.12467	14
15	.08824	.09678	.09554	.10564	.10313	.11499	.11098	.12484	15
16	.08836	.09692	.09567	.10579	.10326	.11515	.11112	.12501	16
17	.08848	.09707	.09579	.10594	.10338	.11531	.11125	.12518	17
18	.08860	.09721	.09592	.10609	.10351	.11547	.11138	.12534	18
19	.08872	.09735	.09604	.10625	.10364	.11563	.11152	.12551	19
20	.08884	.09750	.09617	.10640	.10377	.11579	.11165	.12568	20
21	.08896	.09764	.09629	.10655	.10390	.11595	.11178	.12585	21
22	.08908	.09779	.09642	.10670	.10403	.11611	.11192	.12602	22
23	.08920	.09793	.09654	.10686	.10416	.11627	.11205	.12619	23
24	.08932	.09808	.09666	.10701	.10429	.11643	.11218	.12636	24
25	.08944	.09822	.09679	.10716	.10442	.11659	.11232	.12653	25
26	.08956	.09837	.09691	.10731	.10455	.11675	.11245	.12670	26
27	.08968	.09851	.09704	.10747	.10468	.11691	.11259	.12687	27
28	.08980	.09866	.09716	.10762	.10481	.11708	.11272	.12704	28
29	.08992	.09880	.09729	.10777	.10494	.11724	.11285	.12721	29
30	.09004	.09895	.09741	.10793	.10507	.11740	.11299	.12738	30
31	.09016	.09909	.09754	.10808	.10520	.11756	.11312	.12755	31
32	.09028	.09924	.09767	.10824	.10533	.11772	.11326	.12772	32
33	.09040	.09939	.09779	.10839	.10546	.11789	.11339	.12789	33
34	.09052	.09953	.09792	.10854	.10559	.11805	.11353	.12807	34
35	.09064	.09968	.09804	.10870	.10572	.11821	.11366	.12824	35
36	.09076	.09982	.09817	.10885	.10585	.11838	.11380	.12841	36
37	.09089	.09997	.09829	.10901	.10598	.11854	.11393	.12858	37
38	.09101	.10012	.09842	.10916	.10611	.11870	.11407	.12875	38
39	.09113	.10026	.09854	.10932	.10624	.11886	.11420	.12892	39
40	.09125	.10041	.09867	.10947	.10637	.11903	.11434	.12910	40
41	.09137	.10055	.09880	.10963	.10650	.11919	.11447	.12927	41
42	.09149	.10071	.09892	.10978	.10663	.11936	.11461	.12944	42
43	.09161	.10085	.09905	.10994	.10676	.11952	.11474	.12961	43
44	.09174	.10100	.09918	.11009	.10689	.11968	.11488	.12979	44
45	.09186	.10115	.09930	.11025	.10702	.11985	.11501	.12996	45
46	.09198	.10130	.09943	.11041	.10715	.12001	.11515	.13013	46
47	.09210	.10144	.09955	.11056	.10728	.12018	.11528	.13031	47
48	.09222	.10159	.09968	.11072	.10741	.12034	.11542	.13048	48
49	.09234	.10174	.09981	.11087	.10755	.12051	.11555	.13065	49
50	.09247	.10189	.09993	.11103	.10768	.12067	.11569	.13083	50
51	.09259	.10204	.10006	.11119	.10781	.12084	.11583	.13100	51
52	.09271	.10218	.10019	.11134	.10794	.12100	.11596	.13117	52
53	.09283	.10233	.10032	.11150	.10807	.12117	.11610	.13135	53
54	.09296	.10248	.10044	.11166	.10820	.12133	.11623	.13152	54
55	.09308	.10263	.10057	.11181	.10833	.12150	.11637	.13170	55
56	.09320	.10278	.10070	.11197	.10847	.12166	.11651	.13187	56
57	.09332	.10293	.10082	.11213	.10860	.12183	.11664	.13205	57
58	.09345	.10308	.10095	.11229	.10873	.12199	.11678	.13222	58
59	.09357	.10323	.10108	.11244	.10886	.12216	.11692	.13240	59
60	.09369	.10338	.10121	.11260	.10899	.12233	.11705	.13257	60

	28°		29°		30°		31°		
′	Vers.	Ex. sec.	Vers.	Ex. sec.	Vers.	Ex. sec.	Vers.	Ex. sec.	′
0	.11705	.13257	.12538	.14335	.13397	.15470	.14283	.16663	0
1	.11719	.13275	.12552	.14354	.13412	.15489	.14298	.16684	1
2	.11733	.13292	.12566	.14372	.13427	.15509	.14313	.16704	2
3	.11746	.13310	.12580	.14391	.13441	.15528	.14328	.16725	3
4	.11760	.13327	.12595	.14409	.13456	.15548	.14343	.16745	4
5	.11774	.13345	.12609	.14428	.13470	.15567	.14358	.16766	5
6	.11787	.13362	.12623	.14446	.13485	.15587	.14373	.16786	6
7	.11801	.13380	.12637	.14465	.13499	.15606	.14388	.16806	7
8	.11815	.13398	.12651	.14483	.13514	.15626	.14403	.16827	8
9	.11828	.13415	.12665	.14502	.13529	.15645	.14418	.16848	9
10	.11842	.13433	.12679	.14521	.13543	.15665	.14433	.16868	10
11	.11856	.13451	.12694	.14539	.13558	.15684	.14449	.16889	11
12	.11870	.13468	.12708	.14558	.13573	.15704	.14464	.16909	12
13	.11883	.13486	.12722	.14576	.13587	.15724	.14479	.16930	13
14	.11897	.13504	.12736	.14595	.13602	.15743	.14494	.16950	14
15	.11911	.13521	.12750	.14614	.13616	.15763	.14509	.16971	15
16	.11925	.13539	.12765	.14632	.13631	.15782	.14524	.16992	16
17	.11938	.13557	.12779	.14651	.13646	.15802	.14539	.17012	17
18	.11952	.13575	.12793	.14670	.13660	.15822	.14554	.17033	18
19	.11966	.13593	.12807	.14689	.13675	.15841	.14569	.17054	19
20	.11980	.13610	.12822	.14707	.13690	.15861	.14584	.17075	20
21	.11994	.13628	.12836	.14726	.13705	.15881	.14599	.17095	21
22	.12007	.13646	.12850	.14745	.13719	.15901	.14615	.17116	22
23	.12021	.13664	.12864	.14764	.13734	.15920	.14630	.17137	23
24	.12035	.13682	.12879	.14782	.13749	.15940	.14645	.17158	24
25	.12049	.13700	.12893	.14801	.13763	.15960	.14660	.17178	25
26	.12063	.13718	.12907	.14820	.13778	.15980	.14675	.17199	26
27	.12077	.13735	.12921	.14839	.13793	.16000	.14690	.17220	27
28	.12091	.13753	.12936	.14858	.13808	.16019	.14706	.17241	28
29	.12104	.13771	.12950	.14877	.13822	.16039	.14721	.17262	29
30	.12118	.13789	.12964	.14896	.13837	.16059	.14736	.17283	30
31	.12132	.13807	.12979	.14914	.13852	.16079	.14751	.17304	31
32	.12146	.13825	.12993	.14933	.13867	.16099	.14766	.17325	32
33	.12160	.13843	.13007	.14952	.13881	.16119	.14782	.17346	33
34	.12174	.13861	.13022	.14971	.13896	.16139	.14797	.17367	34
35	.12188	.13879	.13036	.14990	.13911	.16159	.14812	.17388	35
36	.12202	.13897	.13051	.15009	.13926	.16179	.14827	.17409	36
37	.12216	.13916	.13065	.15028	.13941	.16199	.14843	.17430	37
38	.12230	.13934	.13079	.15047	.13955	.16219	.14858	.17451	38
39	.12244	.13952	.13094	.15066	.13970	.16239	.14873	.17472	39
40	.12257	.13970	.13108	.15085	.13985	.16259	.14888	.17493	40
41	.12271	.13988	.13122	.15103	.14000	.16279	.14904	.17514	41
42	.12285	.14006	.13137	.15124	.14015	.16299	.14919	.17535	42
43	.12299	.14024	.13151	.15143	.14030	.16319	.14934	.17556	43
44	.12313	.14042	.13166	.15162	.14044	.16339	.14949	.17577	44
45	.12327	.14061	.13180	.15181	.14059	.16359	.14965	.17598	45
46	.12341	.14079	.13195	.15200	.14074	.16380	.14980	.17620	46
47	.12355	.14097	.13209	.15219	.14089	.16400	.14995	.17641	47
48	.12369	.14115	.13223	.15239	.14104	.16420	.15011	.17662	48
49	.12383	.14134	.13238	.15258	.14119	.16440	.15026	.17683	49
50	.12397	.14152	.13252	.15277	.14134	.16460	.15041	.17704	50
51	.12411	.14170	.13267	.15296	.14149	.16481	.15057	.17726	51
52	.12425	.14188	.13281	.15315	.14164	.16501	.15072	.17747	52
53	.12439	.14207	.13296	.15335	.14179	.16521	.15087	.17768	53
54	.12454	.14225	.13310	.15354	.14194	.16541	.15103	.17790	54
55	.12468	.14243	.13325	.15373	.14208	.16562	.15118	.17811	55
56	.12482	.14262	.13339	.15393	.14223	.16582	.15134	.17832	56
57	.12496	.14280	.13354	.15412	.14238	.16602	.15149	.17854	57
58	.12510	.14299	.13368	.15431	.14253	.16623	.15164	.17875	58
59	.12524	.14317	.13383	.15451	.14268	.16643	.15180	.17896	59
60	.12538	.14335	.13397	.15470	.14283	.16663	.15195	.17918	60

TABLA XI.—VERSENOS Y SECANTES EXTERNALES

′	32° Vers.	32° Ex. sec.	33° Vers.	33° Ex. sec.	34° Vers.	34° Ex. sec.	35° Vers.	35° Ex. sec.
0	.15195	.17918	.16133	.19236	.17096	.20622	.18085	.22077
1	.15211	.17939	.16149	.19259	.17113	.20645	.18101	.22102
2	.15226	.17961	.16165	.19281	.17129	.20669	.18118	.22127
3	.15241	.17982	.16181	.19304	.17145	.20693	.18135	.22152
4	.15257	.18004	.16196	.19327	.17161	.20717	.18152	.22177
5	.15272	.18025	.16212	.19349	.17178	.20740	.18168	.22202
6	.15288	.18047	.16228	.19372	.17194	.20764	.18185	.22227
7	.15303	.18068	.16244	.19394	.17210	.20788	.18202	.22252
8	.15319	.18090	.16260	.19417	.17227	.20812	.18218	.22277
9	.15334	.18111	.16276	.19440	.17243	.20836	.18235	.22302
10	.15350	.18133	.16292	.19463	.17259	.20859	.18252	.22327
11	.15365	.18155	.16308	.19485	.17276	.20883	.18269	.22352
12	.15381	.18176	.16324	.19508	.17292	.20907	.18286	.22377
13	.15396	.18198	.16340	.19531	.17308	.20931	.18302	.22402
14	.15412	.18220	.16355	.19554	.17325	.20955	.18319	.22428
15	.15427	.18241	.16371	.19576	.17341	.20979	.18336	.22453
16	.15443	.18263	.16387	.19599	.17357	.21003	.18353	.22478
17	.15458	.18285	.16403	.19622	.17374	.21027	.18369	.22503
18	.15474	.18307	.16419	.19645	.17390	.21051	.18386	.22528
19	.15489	.18328	.16435	.19668	.17407	.21075	.18403	.22554
20	.15505	.18350	.16451	.19691	.17423	.21099	.18420	.22579
21	.15520	.18372	.16467	.19713	.17439	.21123	.18437	.22604
22	.15536	.18394	.16483	.19736	.17456	.21147	.18454	.22629
23	.15552	.18416	.16499	.19759	.17472	.21171	.18470	.22655
24	.15567	.18437	.16515	.19782	.17489	.21195	.18487	.22680
25	.15583	.18459	.16531	.19805	.17505	.21220	.18504	.22706
26	.15598	.18481	.16547	.19828	.17522	.21244	.18521	.22731
27	.15614	.18503	.16563	.19851	.17538	.21268	.18538	.22756
28	.15630	.18525	.16579	.19874	.17554	.21292	.18555	.22782
29	.15645	.18547	.16595	.19897	.17571	.21316	.18572	.22807
30	.15661	.18569	.16611	.19920	.17587	.21341	.18588	.22833
31	.15676	.18591	.16627	.19944	.17604	.21365	.18605	.22858
32	.15692	.18613	.16644	.19967	.17620	.21389	.18622	.22884
33	.15708	.18635	.16660	.19990	.17637	.21414	.18639	.22909
34	.15723	.18657	.16676	.20013	.17653	.21438	.18656	.22935
35	.15739	.18679	.16692	.20036	.17670	.21462	.18673	.22960
36	.15755	.18701	.16708	.20059	.17686	.21487	.18690	.22986
37	.15770	.18723	.16724	.20083	.17703	.21511	.18707	.23012
38	.15786	.18745	.16740	.20106	.17719	.21535	.18724	.23037
39	.15802	.18767	.16756	.20129	.17736	.21560	.18741	.23063
40	.15818	.18790	.16772	.20152	.17752	.21584	.18758	.23089
41	.15833	.18812	.16788	.20176	.17769	.21609	.18775	.23114
42	.15849	.18834	.16805	.20199	.17786	.21633	.18792	.23140
43	.15865	.18856	.16821	.20222	.17802	.21658	.18809	.23166
44	.15880	.18878	.16837	.20246	.17819	.21682	.18826	.23192
45	.15896	.18901	.16853	.20269	.17835	.21707	.18843	.23217
46	.15912	.18923	.16869	.20292	.17852	.21731	.18860	.23243
47	.15928	.18945	.16885	.20316	.17868	.21756	.18877	.23269
48	.15943	.18967	.16902	.20339	.17885	.21781	.18894	.23295
49	.15959	.18990	.16918	.20363	.17902	.21805	.18911	.23321
50	.15975	.19012	.16934	.20386	.17918	.21830	.18928	.23347
51	.15991	.19034	.16950	.20410	.17935	.21855	.18945	.23373
52	.16006	.19057	.16966	.20433	.17952	.21879	.18962	.23399
53	.16022	.19079	.16983	.20457	.17968	.21904	.18979	.23424
54	.18038	.19102	.16999	.20480	.17985	.21929	.18996	.23450
55	.16054	.19124	.17015	.20504	.18001	.21953	.19013	.23476
56	.16070	.19146	.17031	.20527	.18018	.21978	.19030	.23502
57	.16085	.19169	.17047	.20551	.18035	.22003	.19047	.23529
58	.16101	.19191	.17064	.20575	.18051	.22028	.19064	.23555
59	.16117	.19214	.17080	.20598	.18068	.22053	.19081	.23581
60	.16133	.19236	.17096	.20622	.18085	.22077	.19098	.23607

	36°		37°		38°		39°		
′	Vers.	Ex. sec.	Vers.	Ex. sec.	Vers.	Ex. sec.	Vers.	Ex. sec.	′
0	.19098	.23607	.20136	.25214	.21199	.26902	.22285	.28676	0
1	.19115	.23633	.20154	.25241	.21217	.26931	.22304	.28706	1
2	.19133	.23659	.20171	.25269	.21235	.26960	.22322	.28737	2
3	.19150	.23685	.20189	.25296	.21253	.26988	.22340	.28767	3
4	.19167	.23711	.20207	.25324	.21271	.27017	.22359	.28797	4
5	.19184	.23738	.20224	.25351	.21289	.27046	.22377	.28828	5
6	.19201	.23764	.20242	.25379	.21307	.27075	.22395	.28858	6
7	.19218	.23790	.20259	.25406	.21324	.27104	.22414	.28889	7
8	.19235	.23816	.20277	.25434	.21342	.27133	.22432	.28919	8
9	.19252	.23843	.20294	.25462	.21360	.27162	.22450	.28950	9
10	.19270	.23869	.20312	.25489	.21378	.27191	.22469	.28980	10
11	.19287	.23895	.20329	.25517	.21396	.27221	.22487	.29011	11
12	.19304	.23922	.20347	.25545	.21414	.27250	.22506	.29042	12
13	.19321	.23948	.20365	.25572	.21432	.27279	.22524	.29072	13
14	.19338	.23975	.20382	.25600	.21450	.27308	.22542	.29103	14
15	.19356	.24001	.20400	.25628	.21468	.27337	.22561	.29133	15
16	.19373	.24028	.20417	.25656	.21486	.27366	.22579	.29164	16
17	.19390	.24054	.20435	.25683	.21504	.27396	.22598	.29195	17
18	.19407	.24081	.20453	.25711	.21522	.27425	.22616	.29226	18
19	.19424	.24107	.20470	.25739	.21540	.27454	.22634	.29256	19
20	.19442	.24134	.20488	.25767	.21558	.27483	.22653	.29287	20
21	.19459	.24160	.20506	.25795	.21576	.27513	.22671	.29318	21
22	.19476	.24187	.20523	.25823	.21595	.27542	.22690	.29349	22
23	.19493	.24213	.20541	.25851	.21613	.27572	.22708	.29380	23
24	.19511	.24240	.20559	.25879	.21631	.27601	.22727	.29411	24
25	.19528	.24267	.20576	.25907	.21649	.27630	.22745	.29442	25
26	.19545	.24293	.20594	.25935	.21667	.27660	.22764	.29473	26
27	.19562	.24320	.20612	.25963	.21685	.27689	.22782	.29504	27
28	.19580	.24347	.20629	.25991	.21703	.27719	.22801	.29535	28
29	.19597	.24373	.20647	.26019	.21721	.27748	.22819	.29566	29
30	.19614	.24400	.20665	.26047	.21739	.27778	.22838	.29597	30
31	.19632	.24427	.20682	.26075	.21757	.27807	.22856	.29628	31
32	.19649	.24454	.20700	.26104	.21775	.27837	.22875	.29659	32
33	.19666	.24481	.20718	.26132	.21794	.27867	.22893	.29690	33
34	.19684	.24508	.20736	.26160	.21812	.27896	.22912	.29721	34
35	.19701	.24534	.20753	.26188	.21830	.27926	.22930	.29752	35
36	.19718	.24561	.20771	.26216	.21848	.27956	.22949	.29784	36
37	.19736	.24588	.20789	.26245	.21866	.27985	.22967	.29815	37
38	.19753	.24615	.20807	.26273	.21884	.28015	.22986	.29846	38
39	.19770	.24642	.20824	.26301	.21902	.28045	.23004	.29877	39
40	.19788	.24669	.20842	.26330	.21921	.28075	.23023	.29909	40
41	.19805	.24696	.20860	.26358	.21939	.28105	.23041	.29940	41
42	.19822	.24723	.20878	.26387	.21957	.28134	.23060	.29971	42
43	.19840	.24750	.20895	.26415	.21975	.28164	.23079	.30003	43
44	.19857	.24777	.20913	.26443	.21993	.28194	.23097	.30034	44
45	.19875	.24804	.20931	.26472	.22012	.28224	.23116	.30066	45
46	.19892	.24832	.20949	.26500	.22030	.28254	.23134	.30097	46
47	.19909	24859	.20967	.26529	.22048	.28284	.23153	.30129	47
48	.19927	.24886	.20985	.26557	.22066	.28314	.23172	.30160	48
49	.19944	.24913	.21002	.26586	.22084	.28344	.23190	.30192	49
50	.19962	.24940	.21020	.26615	.22103	.28374	.23209	.30223	50
51	.19979	.24967	.21038	.26643	.22121	.28404	.23228	.30255	51
52	.19997	.24995	.21056	.26672	.22139	.28434	.23246	.30287	52
53	.20014	.25022	.21074	.26701	.22157	.28464	.23265	.30318	53
54	.20032	.25049	.21092	.26729	.22176	.28495	.23283	.30350	54
55	.20049	.25077	.21109	.26758	.22194	.28525	.23302	.30382	55
56	.20066	.25104	.21127	.26787	.22212	.28555	.23321	.30413	56
57	.20084	.25131	.21145	.26815	.22231	.28585	.23339	.30445	57
58	.20101	.25159	.21163	.26844	.22249	.28615	.23358	.30477	58
59	.20119	.25186	.21181	.26873	.22267	.28646	.23377	.30509	59
60	.20136	.25214	.21199	.26902	.22285	.28676	.23396	.30541	60

'	40° Vers.	40° Ex. sec.	41° Vers.	41° Ex. sec.	42° Vers.	42° Ex. sec.	43° Vers.	43° Ex. sec.	'
0	.23396	.30541	.24529	.32501	.25686	.34563	.26865	.36733	0
1	.23414	.30573	.24548	.32535	.25705	.34599	.26884	.36770	1
2	.23433	.30605	.24567	.32568	.25724	.34634	.26904	.36807	2
3	.23452	.30636	.24586	.32602	.25744	.34669	.26924	.36844	3
4	.23470	.30668	.24605	.32636	.25763	.34704	.26944	.36881	4
5	.23489	.30700	.24625	.32669	.25783	.34740	.26964	.36919	5
6	.23508	.30732	.24644	.32703	.25802	.34775	.26984	.36956	6
7	.23527	.30764	.24663	.32737	.25822	.34811	.27004	.36993	7
8	.23545	.30796	.24682	.32770	.25841	.34846	.27024	.37030	8
9	.23564	.30829	.24701	.32804	.25861	.34882	.27043	.37068	9
10	.23583	.30861	.24720	.32838	.25880	.34917	.27063	.37105	10
11	.23602	.30893	.24739	.32872	.25900	.34953	.27083	.37143	11
12	.23620	.30925	.24759	.32905	.25920	.34988	.27103	.37180	12
13	.23639	.30957	.24778	.32939	.25939	.35024	.27123	.37218	13
14	.23658	.30989	.24797	.32973	.25959	.35060	.27143	.37255	14
15	.23677	.31022	.24816	.33007	.25978	.35095	.27163	.37293	15
16	.23696	.31054	.24835	.33041	.25998	.35131	.27183	.37330	16
17	.23714	.31086	.24854	.33075	.26017	.35167	.27203	.37368	17
18	.23733	.31119	.24874	.33109	.26037	.35203	.27223	.37406	18
19	.23752	.31151	.24893	.33143	.26056	.35238	.27243	.37443	19
20	.23771	.31183	.24912	.33177	.26076	.35274	.27263	.37481	20
21	.23790	.31216	.24931	.33211	.26096	.35310	.27283	.37519	21
22	.23808	.31248	.24950	.33245	.26115	.35346	.27303	.37556	22
23	.23827	.31281	.24970	.33279	.26135	.35382	.27323	.37594	23
24	.23846	.31313	.24989	.33314	.26154	.35418	.27343	.37632	24
25	.23865	.31346	.25008	.33348	.26174	.35454	.27363	.37670	25
26	.23884	.31378	.25027	.33382	.26194	.35490	.27383	.37708	26
27	.23903	.31411	.25047	.33416	.26213	.35526	.27403	.37746	27
28	.23922	.31443	.25066	.33451	.26233	.35562	.27423	.37784	28
29	.23941	.31476	.25085	.33485	.26253	.35598	.27443	.37822	29
30	.23959	.31509	.25104	.33519	.26272	.35634	.27463	.37860	30
31	.23978	.31541	.25124	.33554	.26292	.35670	.27483	.37898	31
32	.23997	.31574	.25143	.33588	.26312	.35707	.27503	.37936	32
33	.24016	.31607	.25162	.33622	.26331	.35743	.27523	.37974	33
34	.24035	.31640	.25182	.33657	.26351	.35779	.27543	.38012	34
35	.24054	.31672	.25201	.33691	.26371	.35815	.27563	.38051	35
36	.24073	.31705	.25220	.33726	.26390	.35852	.27583	.38089	36
37	.24092	.31738	.25240	.33760	.26410	.35888	.27603	.38127	37
38	.24111	.31771	.25259	.33795	.26430	.35924	.27623	.38165	38
39	.24130	.31804	.25278	.33830	.26449	.35961	.27643	.38204	39
40	.24149	.31837	.25297	.33864	.26469	.35997	.27663	.38242	40
41	.24168	.31870	.25317	.33899	.26489	.36034	.27683	.38280	41
42	.24187	.31903	.25336	.33934	.26509	.36070	.27703	.38319	42
43	.24206	.31936	.25356	.33968	.26528	.36107	.27723	.38357	43
44	.24225	.31969	.25375	.34003	.26548	.36143	.27743	.38396	44
45	.24244	.32002	.25394	.34038	.26568	.36180	.27764	.38434	45
46	.24262	.32035	.25414	.34073	.26588	.36217	.27784	.38473	46
47	.24281	.32068	.25433	.34108	.26607	.36253	.27804	.38512	47
48	.24300	.32101	.25452	.34142	.26627	.36290	.27824	.38550	48
49	.24320	.32134	.25472	.34177	.26647	.36327	.27844	.38589	49
50	.24339	.32168	.25491	.34212	.26667	.36363	.27864	.38628	50
51	.24358	.32201	.25511	.34247	.26686	.36400	.27884	.38666	51
52	.24377	.32234	.25530	.34282	.26706	.36437	.27905	.38705	52
53	.24396	.32267	.25549	.34317	.26726	.36474	.27925	.38744	53
54	.24415	.32301	.25569	.34352	.26746	.36511	.27945	.38783	54
55	.24434	.32334	.25588	.34387	.26766	.36548	.27965	.38822	55
56	.24453	.32368	.25608	.34423	.26785	.36585	.27985	.38860	56
57	.24472	.32401	.25627	.34458	.26805	.36622	.28005	.38899	57
58	.24491	.32434	.25647	.34493	.26825	.36659	.28026	.38938	58
59	.24510	.32468	.25666	.34528	.26845	.36696	.28046	.38977	59
60	.24529	.32501	.25686	.34563	.26865	.36733	.28066	.39016	60

′	44° Vers.	44° Ex. sec.	45° Vers.	45° Ex. sec.	46° Vers.	46° Ex. sec.	47° Vers.	47° Ex. sec.	′
0	.28066	.39016	.29289	.41421	.30534	.43956	.31800	.46628	0
1	.28086	.39055	.29310	.41463	.30555	.43999	.31821	.46674	1
2	.28106	.39095	.29330	.41504	.30576	.44042	.31843	.46719	2
3	.28127	.39134	.29351	.41545	.30597	.44086	.31864	.46765	3
4	.28147	.39173	.29372	.41586	.30618	.44129	.31885	.46811	4
5	.28167	.39212	.29392	.41627	.30639	.44173	.31907	.46857	5
6	.28187	.39251	.29413	.41669	.30660	.44217	.31928	46903	6
7	.28208	.39291	.29433	.41710	.30681	.44260	.31949	.46949	7
8	.28228	.39330	.29454	.41752	.30702	.44304	.31971	46995	8
9	.28248	.39369	.29475	.41793	.30723	.44347	.31992	.47041	9
10	.28268	.39409	.29495	.41835	.30744	.44391	.32013	.47087	10
11	.28289	.39448	.29516	.41876	.30765	.44435	.32035	.47134	11
12	.28309	.39487	.29537	.41918	.30786	.44479	.32056	.47180	12
13	.28329	.39527	.29557	.41959	.30807	.44523	.32077	.47226	13
14	.28350	.39566	.29578	.42001	.30828	.44567	.32099	.47272	14
15	.28370	.39606	.29599	.42042	.30849	.44610	.32120	.47319	15
16	.28390	.39646	.29619	.42084	.30870	.44654	.32141	.47365	16
17	.28410	.39685	29640	.42126	.30891	.44698	.32163	.47411	17
18	.28431	.39725	.29661	.42168	.30912	.44742	.32184	.47458	18
19	.28451	.39764	.29681	.42210	.30933	.44787	.32205	.47504	19
20	.28471	.39804	.29702	.42251	.30954	.44831	.32227	.47551	20
21	.28492	.39844	.29723	.42293	.30975	.44875	.32248	.47598	21
22	.28512	.39884	.29743	.42335	.30996	44919	.32270	.47644	22
23	.28532	.39924	.29764	.42377	.31017	.44963	.32291	.47691	23
24	.28553	.39963	.29785	.42419	.31038	.45007	.32312	.47738	24
25	.28573	.40003	.29805	.42461	.31059	.45052	.32334	.47784	25
26	.28593	.40043	.29826	.42503	.31080	.45096	.32355	.47831	26
27	.28614	.40083	.29847	.42545	.31101	.45141	.32377	.47878	27
28	.28634	.40123	.29868	.42587	.31122	.45185	.32398	.47925	28
29	.28655	.40163	.29888	.42630	.31143	.45229	.32420	.47972	29
30	.28675	.40203	.29909	.42672	.31165	.45274	.32441	.48019	30
31	.28695	.40243	.29930	.42714	.31186	.45319	.32462	.48066	31
32	.28716	.40283	.29951	.42756	.31207	.45363	.32484	.48113	32
33	.28736	.40324	.29971	.42799	.31228	.45408	.32505	.48160	33
34	.28757	.40364	.29992	.42841	.31249	.45452	.32527	.48207	34
35	.28777	.40404	.30013	.42883	.31270	.45497	.32548	.48254	35
36	.28797	.40444	.30034	.42926	.31291	.45542	.32570	.48301	36
37	.28818	.40485	.30054	.42968	.31312	.45587	.32591	.48349	37
38	.28838	.40525	.30075	.43011	.31334	.45631	.32613	.48396	38
39	.28859	.40565	.30096	.43053	.31355	.45676	.32634	.48443	39
40	.28879	.40606	.30117	.43096	.31376	.45721	.32656	.48491	40
41	.28900	.40646	.30138	.43139	.31397	.45766	.32677	.48538	41
42	.28920	.40687	.30158	.43181	.31418	.45811	.32699	.48586	42
43	.28941	.40727	.30179	.43224	.31439	.45856	.32720	.48633	43
44	.28961	.40768	.30200	.43267	.31461	.45901	.32742	.48681	44
45	.28981	.40808	.30221	.43310	.31482	.45946	.32763	.48728	45
46	.29002	.40849	.30242	.43352	.31503	.45992	.32785	.48776	46
47	.29022	.40890	.30263	.43395	.31524	.46037	.32806	.48824	47
48	.29043	.40930	.30283	.43438	.31545	.46082	.32828	.48871	48
49	.29063	.40971	.30304	.43481	.31567	.46127	.32849	.48919	49
50	.29084	.41012	.30325	.43524	.31588	.46173	.32871	.48967	50
51	.29104	.41053	.30346	.43567	.31609	.46218	.32893	.49015	51
52	.29125	.41093	.30367	.43610	.31630	.46263	.32914	.49063	52
53	.29145	.41134	.30388	.43653	.31651	.46309	.32936	.49111	53
54	.29166	.41175	.30409	.43696	.31673	.46354	.32957	.49159	54
55	.29187	.41216	.30430	.43739	.31694	.46400	.32979	.49207	55
56	.29207	.41257	.30451	.43783	.31715	.46445	.33001	.49255	56
57	.29228	.41298	.30471	.43826	.31736	.46491	.33022	.49303	57
58	.29248	.41339	.30492	.43869	.31758	.46537	.33044	.49351	58
59	.29269	.41380	.30513	.43912	.31779	.46582	.33065	.49399	59
60	.29289	.41421	.30534	.43956	.31800	.46628	.33087	.49448	60

′	48° Vers.	48° Ex. sec.	49° Vers.	49° Ex. sec.	50° Vers.	50° Ex. sec.	51° Vers.	51° Ex. sec.	′
0	.33087	.49448	.34394	.52425	.35721	.55572	.37068	.58902	0
1	.33109	.49496	.34416	.52476	.35744	.55626	.37091	.58959	1
2	.33130	.49544	.34438	.52527	.35766	.55680	.37113	.59016	2
3	.33152	.49593	.34460	.52579	.35788	.55734	.37136	.59073	3
4	.33173	.49641	.34482	.52630	.35810	.55789	.37158	.59130	4
5	.33195	.49690	.34504	.52681	.35833	.55843	.37181	.59188	5
6	.33217	.49738	.34526	.52732	.35855	.55897	.37204	.59245	6
7	.33238	.49787	.34548	.52784	.35877	.55951	.37226	.59302	7
8	.33260	.49835	.34570	.52835	.35900	.56005	.37249	.59360	8
9	.33282	.49884	.34592	.52886	.35922	.56060	.37272	.59418	9
10	.33303	.49933	.34614	.52938	.35944	.56114	.37294	.59475	10
11	.33325	.49981	.34636	.52989	.35967	.56169	.37317	.59533	11
12	.33347	.50030	.34658	.53041	.35989	.56223	.37340	.59590	12
13	.33368	.50079	.34680	.53092	.36011	.56278	.37362	.59648	13
14	.33390	.50128	.34702	.53144	.36034	.56332	.37385	.59706	14
15	.33412	.50177	.34724	.53196	.36056	.56387	.37408	.59764	15
16	.33434	.50226	.34746	.53247	.36078	.56442	.37430	.59822	16
17	.33455	.50275	.34768	.53299	.36101	.56497	.37453	.59880	17
18	.33477	.50324	.34790	.53351	.36123	.56551	.37476	.59938	18
19	.33499	.50373	.34812	.53403	.36146	.56606	.37498	.59996	19
20	.33520	.50422	.34834	.53455	.36168	.56661	.37521	.60054	20
21	.33542	.50471	.34856	.53507	.36190	.56716	.37544	.60112	21
22	.33564	.50521	.34878	.53559	.36213	.56771	.37567	.60171	22
23	.33586	.50570	.34900	.53611	.36235	.56826	.37589	.60229	23
24	.33607	.50619	.34923	.53663	.36258	.56881	.37612	.60287	24
25	.33629	.50669	.34945	.53715	.36280	.56937	.37635	.60346	25
26	.33651	.50718	.34967	.53768	.36302	.56992	.37658	.60404	26
27	.33673	.50767	.34989	.53820	.36325	.57047	.37680	.60463	27
28	.33694	.50817	.35011	.53872	.36347	.57103	.37703	.60521	28
29	.33716	.50866	.35033	.53924	.36370	.57158	.37726	.60580	29
30	.33738	.50916	.35055	.53977	.36392	.57213	.37749	.60639	30
31	.33760	.50966	.35077	.54029	.36415	.57269	.37771	.60698	31
32	.33782	.51015	.35099	.54082	.36437	.57324	.37794	.60756	32
33	.33803	.51065	.35122	.54134	.36460	.57380	.37817	.60815	33
34	.33825	.51115	.35144	.54187	.36482	.57436	.37840	.60874	34
35	.33847	.51165	.35166	.54240	.36504	.57491	.37862	.60933	35
36	.33869	.51215	.35188	.54292	.36527	.57547	.37885	.60992	36
37	.33891	.51265	.35210	.54345	.36549	.57603	.37908	.61051	37
38	.33912	.51314	.35232	.54398	.36572	.57659	.37931	.61111	38
39	.33934	.51364	.35254	.54451	.36594	.57715	.37954	.61170	39
40	.33956	.51415	.35277	.54504	.36617	.57771	.37976	.61229	40
41	.33978	.51465	.35299	.54557	.36639	.57827	.37999	.61288	41
42	.34000	.51515	.35321	.54610	.36662	.57883	.38022	.61348	42
43	.34022	.51565	.35343	.54663	.36684	.57939	.38045	.61407	43
44	.34044	.51615	.35365	.54716	.36707	.57995	.38068	.61467	44
45	.34065	.51665	.35388	.54769	.36729	.58051	.38091	.61526	45
46	.34087	.51716	.35410	.54822	.36752	.58108	.38113	.61586	46
47	.34109	.51766	.35432	.54876	.36775	.58164	.38136	.61646	47
48	.34131	.51817	.35454	.54929	.36797	.58221	.38159	.61705	48
49	.34153	.51867	.35476	.54982	.36820	.58277	.38182	.61765	49
50	.34175	.51918	.35499	.55036	.36842	.58333	.38205	.61825	50
51	.34197	.51968	.35521	.55089	.36865	.58390	.38228	.61885	51
52	.34219	.52019	.35543	.55143	.36887	.58447	.38251	.61945	52
53	.34241	.52069	.35565	.55196	.36910	.58503	.38274	.62005	53
54	.34262	.52120	.35588	.55250	.36932	.58560	.38296	.62065	54
55	.34284	.52171	.35610	.55303	.36955	.58617	.38319	.62125	55
56	.34306	.52222	.35632	.55357	.36978	.58674	.38342	.62185	56
57	.34328	.52273	.35654	.55411	.37000	.58731	.38365	.62246	57
58	.34350	.52323	.35677	.55465	.37023	.58788	.38388	.62306	58
59	.34372	.52374	.35699	.55518	.37045	.58845	.38411	.62366	59
60	.34394	.52425	.35721	.55572	.37068	.58902	.38434	.62427	60

52°		53°		54°		55°		
Vers.	Ex. sec.	Vers.	Ex. sec.	Vers.	Ex. sec.	Vers.	Ex. sec.	′
.38434	.62427	.39819	.66164	.41221	.70130	.42642	.74345	0
.38457	.62487	.39842	.66228	.41245	.70198	.42666	.74417	1
.38480	.62548	.39865	.66292	.41269	.70267	.42690	.74490	2
.38503	.62609	.39888	.66357	.41292	.70335	.42714	.74562	3
.38526	.62669	.39911	.66421	.41316	.70403	.42738	.74635	4
.38549	.62730	.39935	.66486	.41339	.70472	.42762	.74708	5
.38571	.62791	.39958	.66550	.41363	.70540	.42785	.74781	6
.38594	.62852	.39981	.66615	.41386	.70609	.42809	.74854	7
.38617	.62913	.40005	.66679	.41410	.70677	.42833	.74927	8
.38640	.62974	.40028	.66744	.41433	.70746	.42857	.75000	9
.38663	.63035	.40051	.66809	.41457	.70815	.42881	.75073	10
.38686	.63096	.40074	.66873	.41481	.70884	.42905	.75146	11
.38709	.63157	.40098	.66938	.41504	.70953	.42929	.75219	12
.38732	.63218	.40121	.67003	.41528	.71022	.42953	.75293	13
.38755	.63279	.40144	.67068	.41551	.71091	.42976	.75366	14
.38778	.63341	.40168	.67133	.41575	.71160	.43000	.75440	15
.38801	.63402	.40191	.67199	.41599	.71229	.43024	.75513	16
.38824	.63464	.40214	.67264	.41622	.71298	.43048	.75587	17
.38847	.63525	.40237	.67329	.41646	.71368	.43072	.75661	18
.38870	.63587	.40261	.67394	.41670	.71437	.43096	.75734	19
.38893	.63648	.40284	.67460	.41693	.71506	.43120	.75808	20
.38916	.63710	.40307	.67525	.41717	.71576	.43144	.75882	21
.38939	.63772	.40331	.67591	.41740	.71646	.43168	.75956	22
.38962	.63834	.40354	.67656	.41764	.71715	.43192	.76031	23
.38985	.63895	.40378	.67722	.41788	.71785	.43216	.76105	24
.39009	.63957	.40401	.67788	.41811	.71855	.43240	.76179	25
.39032	.64019	.40424	.67853	.41835	.71925	.43264	.76253	26
.39055	.64081	.40448	.67919	.41859	.71995	.43287	.76328	27
.39078	.64144	.40471	.67985	.41882	.72065	.43311	.76402	28
.39101	.64206	.40494	.68051	.41906	.72135	.43335	.76477	29
.39124	.64268	.40518	.68117	.41930	.72205	.43359	.76552	30
.39147	.64330	.40541	.68183	.41953	.72275	.43383	.76626	31
.39170	.64393	.40565	.68250	.41977	.72346	.43407	.76701	32
.39193	.64455	.40588	.68316	.42001	.72416	.43431	.76776	33
.39216	.64518	.40611	.68382	.42024	.72487	.43455	.76851	34
.39239	.64580	.40635	.68449	.42048	.72557	.43479	.76926	35
.39262	.64643	.40658	.68515	.42072	.72628	.43503	.77001	36
.39286	.64705	.40682	.68582	.42096	.72698	.43527	.77077	37
.39309	.64768	.40705	.68648	.42119	.72769	.43551	.77152	38
.39332	.64831	.40728	.68715	.42143	.72840	.43575	.77227	39
.39355	.64894	.40752	.68782	.42167	.72911	.43599	.77303	40
.39378	.64957	.40775	.68848	.42191	.72982	.43623	.77378	41
.39401	.65020	.40799	.68915	.42214	.73053	.43647	.77454	42
.39424	.65083	.40822	.68982	.42238	.73124	.43671	.77530	43
.39447	.65146	.40846	.69049	.42262	.73195	.43695	.77606	44
.39471	.65209	.40869	.69116	.42285	.73267	.43720	.77681	45
.39494	.65272	.40893	.69183	.42309	.73338	.43744	.77757	46
.39517	.65336	.40916	.69250	.42333	.73409	.43768	.77833	47
.39540	.65399	.40939	.69318	.42357	.73481	.43792	.77910	48
.39563	.65462	.40963	.69385	.42381	.73552	.43816	.77986	49
.39586	.65526	.40986	.69452	.42404	.73624	.43840	.78062	50
.39610	.65589	.41010	.69520	.42428	.73696	.43864	.78138	51
.39633	.65653	.41033	.69587	.42452	.73768	.43888	.78215	52
.39656	.65717	.41057	.69655	.42476	.73840	.43912	.78291	53
.39679	.65780	.41080	.69723	.42499	.73911	.43936	.78368	54
.39702	.65844	.41104	.69790	.42523	.73983	.43960	.78445	55
.39726	.65908	.41127	.69858	.42547	.74056	.43984	.78521	56
.39749	.65972	.41151	.69926	.42571	.74128	.44008	.78598	57
.39772	.66036	.41174	.69994	.42595	.74200	.44032	.78675	58
.39795	.66100	.41198	.70062	.42619	.74272	.44057	.78752	59
.39819	.66164	.41221	.70130	.42642	.74345	.44081	.78829	60

′	56° Vers.	56° Ex. sec.	57° Vers.	57° Ex. sec.	58° Vers.	58° Ex. sec.	59° Vers.	59° Ex. sec.	′
0	.44081	.78829	.45536	.83608	.47008	.88708	.48496	.94160	0
1	.44105	.78906	.45560	.83690	.47033	.88796	.48521	.94254	1
2	.44129	.78984	.45585	.83773	.47057	.88884	.48546	.94349	2
3	.44153	.79061	.45609	.83855	.47082	.88972	.48571	.94443	3
4	.44177	.79138	.45634	.83938	.47107	.89060	.48596	.94537	4
5	.44201	.79216	.45658	.84020	.47131	.89148	.48621	.94632	5
6	.44225	.79293	.45683	.84103	.47156	.89237	.48646	.94726	6
7	.44250	.79371	.45707	.84186	.47181	.89325	.48671	.94821	7
8	.44274	.79449	.45731	.84269	.47206	.89414	.48696	.94916	8
9	.44298	.79527	.45756	.84352	.47230	.89503	.48721	.95011	9
10	.44322	.79604	.45780	.84435	.47255	.89591	.48746	.95106	10
11	.44346	.79682	.45805	.84518	.47280	.89680	.48771	.95201	11
12	.44370	.79761	.45829	.84601	.47304	.89769	.48796	.95296	12
13	.44395	.79839	.45854	.84685	.47329	.89858	.48821	.95392	13
14	.44419	.79917	.45878	.84768	.47354	.89948	.48846	.95487	14
15	.44443	.79995	.45903	.84852	.47379	.90037	.48871	.95583	15
16	.44467	.80074	.45927	.84935	.47403	.90126	.48896	.95678	16
17	.44491	.80152	.45951	.85019	.47428	.90216	.48921	.95774	17
18	.44516	.80231	.45976	.85103	.47453	.90305	.48946	.95870	18
19	.44540	.80309	.46000	.85187	.47478	.90395	.48971	.95966	19
20	.44564	.80388	.46025	.85271	.47502	.90485	.48996	.96062	20
21	.44588	.80467	.46049	.85355	.47527	.90575	.49021	.96158	21
22	.44612	.80546	.46074	.85439	.47552	.90665	.49046	.96255	22
23	.44637	.80625	.46098	.85523	.47577	.90755	.49071	.96351	23
24	.44661	.80704	.46123	.85608	.47601	.90845	.49096	.96448	24
25	.44685	.80783	.46147	.85692	.47626	.90935	.49121	.96544	25
26	.44709	.80862	.46172	.85777	.47651	.91026	.49146	.96641	26
27	.44734	.80942	.46196	.85861	.47676	.91116	.49171	.96738	27
28	.44758	.81021	.46221	.85946	.47701	.91207	.49196	.96835	28
29	.44782	.81101	.46246	.86031	.47725	.91297	.49221	.96932	29
30	.44806	.81180	.46270	.86116	.47750	.91388	.49246	.97029	30
31	.44831	.81260	.46295	.86201	.47775	.91479	.49271	.97127	31
32	.44855	.81340	.46319	.86286	.47800	.91570	.49296	.97224	32
33	.44879	.81419	.46344	.86371	.47825	.91661	.49321	.97322	33
34	.44903	.81499	.46368	.86457	.47849	.91752	.49346	.97420	34
35	.44928	.81579	.46393	.86542	.47874	.91844	.49372	.97517	35
36	.44952	.81659	.46417	.86627	.47899	.91935	.49397	.97615	36
37	.44976	.81740	.46442	.86713	.47924	.92027	.49422	.97713	37
38	.45001	.81820	.46466	.86799	.47949	.92118	.49447	.97811	38
39	.45025	.81900	.46491	.86885	.47974	.92210	.49472	.97910	39
40	.45049	.81981	.46516	.86970	.47998	.92302	.49497	.98008	40
41	.45073	.82061	.46540	.87056	.48023	.92394	.49522	.98107	41
42	.45098	.82142	.46565	.87142	.48048	.92486	.49547	.98205	42
43	.45122	.82222	.46589	.87229	.48073	.92578	.49572	.98304	43
44	.45146	.82303	.46614	.87315	.48098	.92670	.49597	.98403	44
45	.45171	.82384	.46639	.87401	.48123	.92762	.49623	.98502	45
46	.45195	.82465	.46663	.87488	.48148	.92855	.49648	.98601	46
47	.45219	.82546	.46688	.87574	.48172	.92947	.49673	.98700	47
48	.45244	.82627	.46712	.87661	.48197	.93040	.49698	.98799	48
49	.45268	.82709	.46737	.87748	.48222	.93133	.49723	.98899	49
50	.45292	.82790	.46762	.87834	.48247	.93226	.49748	.98998	50
51	.45317	.82871	.46786	.87921	.48272	.93319	.49773	.99098	51
52	.45341	.82953	.46811	.88008	.48297	.93412	.49799	.99198	52
53	.45365	.83034	.46836	.88095	.48322	.93505	.49824	.99298	53
54	.45390	.83116	.46860	.88183	.48347	.93598	.49849	.99398	54
55	.45414	.83198	.46885	.88270	.48372	.93692	.49874	.99498	55
56	.45439	.83280	.46909	.88357	.48396	.93785	.49899	.99598	56
57	.45463	.83362	.46934	.88445	.48421	.93879	.49924	.99698	57
58	.45487	.83444	.46959	.88532	.48446	.93973	.49950	.99799	58
59	.45512	.83526	.46983	.88620	.48471	.94066	.49975	.99899	59
60	.45536	.83608	.47008	.88708	.48496	.94160	.50000	1.00000	60

′	60° Vers.	60° Ex. sec.	61° Vers.	61° Ex. sec.	62° Vers.	62° Ex. sec.	63° Vers.	63° Ex. sec.	′
0	.50000	1.00000	.51519	1.06267	.53053	1.13005	.54601	1.20269	0
1	.50025	1.00101	.51544	1.06375	.53079	1.13122	.54627	1.20395	1
2	.50050	1.00202	.51570	1.06483	.53104	1.13239	.54653	1.20521	2
3	.50076	1.00303	.51595	1.06592	.53130	1.13356	.54679	1.20647	3
4	.50101	1.00404	.51621	1.06701	.53156	1.13473	.54705	1.20773	4
5	.50126	1.00505	.51646	1.06809	.53181	1.13590	.54731	1.20900	5
6	.50151	1.00607	.51672	1.06918	.53207	1.13707	.54757	1.21026	6
7	.50176	1.00708	.51697	1.07027	.53233	1.13825	.54782	1.21153	7
8	.50202	1.00810	.51723	1.07137	.53258	1.13942	.54808	1.21280	8
9	.50227	1.00912	.51748	1.07246	.53284	1.14060	.54834	1.21407	9
10	.50252	1.01014	.51774	1.07356	.53310	1.14178	.54860	1.21535	10
11	.50277	1.01116	.51799	1.07465	.53336	1.14296	.54886	1.21662	11
12	.50303	1.01218	.51825	1.07575	.53361	1.14414	.54912	1.21790	12
13	.50328	1.01320	.51850	1.07685	.53387	1.14533	.54938	1.21918	13
14	.50353	1.01422	.51876	1.07795	.53413	1.14651	.54964	1.22045	14
15	.50378	1.01525	.51901	1.07905	.53439	1.14770	.54990	1.22174	15
16	.50404	1.01628	.51927	1.08015	.53464	1.14889	.55016	1.22302	16
17	.50429	1.01730	.51952	1.08126	.53490	1.15008	.55042	1.22430	17
18	.50454	1.01833	.51978	1.08236	.53516	1.15127	.55068	1.22559	18
19	.50479	1.01936	.52003	1.08347	.53542	1.15246	.55094	1.22688	19
20	.50505	1.02039	.52029	1.08458	.53567	1.15366	.55120	1.22817	20
21	.50530	1.02143	.52054	1.08569	.53593	1.15485	.55146	1.22946	21
22	.50555	1.02246	.52080	1.08680	.53619	1.15605	.55172	1.23075	22
23	.50581	1.02349	.52105	1.08791	.53645	1.15725	.55198	1.23205	23
24	.50606	1.02453	.52131	1.08903	.53670	1.15845	.55224	1.23334	24
25	.50631	1.02557	.52156	1.09014	.53696	1.15965	.55250	1.23464	25
26	.50656	1.02661	.52182	1.09126	.53722	1.16085	.55276	1.23594	26
27	.50682	1.02765	.52207	1.09238	.53748	1.16206	.55302	1.23724	27
28	.50707	1.02869	.52233	1.09350	.53774	1.16326	.55328	1.23855	28
29	.50732	1.02973	.52259	1.09462	.53799	1.16447	.55354	1.23985	29
30	.50758	1.03077	.52284	1.09574	.53825	1.16568	.55380	1.24116	30
31	.50783	1.03182	.52310	1.09686	.53851	1.16689	.55406	1.24247	31
32	.50808	1.03286	.52335	1.09799	.53877	1.16810	.55432	1.24378	32
33	.50834	1.03391	.52361	1.09911	.53903	1.16932	.55458	1.24509	33
34	.50859	1.03496	.52386	1.10024	.53928	1.17053	.55484	1.24640	34
35	.50884	1.03601	.52412	1.10137	.53954	1.17175	.55510	1.24772	35
36	.50910	1.03706	.52438	1.10250	.53980	1.17297	.55536	1.24903	36
37	.50935	1.03811	.52463	1.10363	.54006	1.17419	.55563	1.25035	37
38	.50960	1.03916	.52489	1.10477	.54032	1.17541	.55589	1.25167	38
39	.50986	1.04022	.52514	1.10590	.54058	1.17663	.55615	1.25300	39
40	.51011	1.04128	.52540	1.10704	.54083	1.17786	.55641	1.25432	40
41	.51036	1.04233	.52566	1.10817	.54109	1.17909	.55667	1.25565	41
42	.51062	1.04339	.52591	1.10931	.54135	1.18031	.55693	1.25697	42
43	.51087	1.04445	.52617	1.11045	.54161	1.18154	.55719	1.25830	43
44	.51113	1.04551	.52642	1.11159	.54187	1.18277	.55745	1.25963	44
45	.51138	1.04658	.52668	1.11274	.54213	1.18401	.55771	1.26097	45
46	.51163	1.04764	.52694	1.11388	.54238	1.18524	.55797	1.26230	46
47	.51189	1.04870	.52719	1.11503	.54264	1.18648	.55823	1.26364	47
48	.51214	1.04977	.52745	1.11617	.54290	1.18772	.55849	1.26498	48
49	.51239	1.05084	.52771	1.11732	.54316	1.18895	.55876	1.26632	49
50	.51265	1.05191	.52796	1.11847	.54342	1.19019	.55902	1.26766	50
51	.51290	1.05298	.52822	1.11963	.54368	1.19144	.55928	1.26900	51
52	.51316	1.05405	.52848	1.12078	.54394	1.19268	.55954	1.27035	52
53	.51341	1.05512	.52873	1.12193	.54420	1.19393	.55980	1.27169	53
54	.51366	1.05619	.52899	1.12309	.54446	1.19517	.56006	1.27304	54
55	.51392	1.05727	.52924	1.12425	.54471	1.19642	.56032	1.27439	55
56	.51417	1.05835	.52950	1.12540	.54497	1.19767	.56058	1.27574	56
57	.51443	1.05942	.52976	1.12657	.54523	1.19892	.56084	1.27710	57
58	.51468	1.06050	.53001	1.12773	.54549	1.20018	.56111	1.27845	58
59	.51494	1.06158	.53027	1.12889	.54575	1.20143	.56137	1.27981	59
60	.51519	1.06267	.53053	1.13005	.54601	1.20269	.56163	1.28117	60

	64°		65°		66°		67°		
'	Vers.	Ex. sec.	Vers.	Ex. sec.	Vers.	Ex. sec.	Vers.	Ex. sec.	'
0	.56163	1.28117	.57738	1.36620	.59326	1.45859	.60927	1.55930	0
1	.56189	1.28253	.57765	1.36768	.59353	1.46020	.60954	1.56106	1
2	.56215	1.28390	.57791	1.36916	.59379	1.46181	.60980	1.56282	2
3	.56241	1.28526	.57817	1.37064	.59406	1.46342	.61007	1.56458	3
4	.56267	1.28663	.57844	1.37212	.59433	1.46504	.61034	1.56634	4
5	.56294	1.28800	.57870	1.37361	.59459	1.46665	.61061	1.56811	5
6	.56320	1.28937	.57896	1.37509	.59486	1.46827	.61088	1.56988	6
7	.56346	1.29074	.57923	1.37658	.59512	1.46989	.61114	1.57165	7
8	.56372	1.29211	.57949	1.37808	.59539	1.47152	.61141	1.57342	8
9	.56398	1.29349	.57976	1.37957	.59566	1.47314	.61168	1.57520	9
10	.56425	1.29487	.58002	1.38107	.59592	1.47477	.61195	1.57698	10
11	.56451	1.29625	.58028	1.38256	.59619	1.47640	.61222	1.57876	11
12	.56477	1.29763	.58055	1.38406	.59645	1.47804	.61248	1.58054	12
13	.56503	1.29901	.58081	1.38556	.59672	1.47967	.61275	1.58233	13
14	.56529	1.30040	.58108	1.38707	.59699	1.48131	.61302	1.58412	14
15	.56555	1.30179	.58134	1.38857	.59725	1.48295	.61329	1.58591	15
16	.56582	1.30318	.58160	1.39008	.59752	1.48459	.61356	1.58771	16
17	.56608	1.30457	.58187	1.39159	.59779	1.48624	.61383	1.58950	17
18	.56634	1.30596	.58213	1.39311	.59805	1.48789	.61409	1.59130	18
19	.56660	1.30735	.58240	1.39462	.59832	1.48954	.61436	1.59311	19
20	.56687	1.30875	.58266	1.39614	.59859	1.49119	.61463	1.59491	20
21	.56713	1.31015	.58293	1.39766	.59885	1.49284	.61490	1.59672	21
22	.56739	1.31155	.58319	1.39918	.59912	1.49450	.61517	1.59853	22
23	.56765	1.31295	.58345	1.40070	.59938	1.49616	.61544	1.60035	23
24	.56791	1.31436	.58372	1.40222	.59965	1.49782	.61570	1.60217	24
25	.56818	1.31576	.58398	1.40375	.59992	1.49948	.61597	1.60399	25
26	.56844	1.31717	.58425	1.40528	.60018	1.50115	.61624	1.60581	26
27	.56870	1.31858	.58451	1.40681	.60045	1.50282	.61651	1.60763	27
28	.56896	1.31999	.58478	1.40835	.60072	1.50449	.61678	1.60946	28
29	.56923	1.32140	.58504	1.40988	.60098	1.50617	.61705	1.61129	29
30	.56949	1.32282	.58531	1.41142	.60125	1.50784	.61732	1.61313	30
31	.56975	1.32424	.58557	1.41296	.60152	1.50952	.61759	1.61496	31
32	.57001	1.32566	.58584	1.41450	.60178	1.51120	.61785	1.61680	32
33	.57028	1.32708	.58610	1.41605	.60205	1.51289	.61812	1.61864	33
34	.57054	1.32850	.58637	1.41760	.60232	1.51457	.61839	1.62049	34
35	.57080	1.32993	.58663	1.41914	.60259	1.51626	.61866	1.62234	35
36	.57106	1.33135	.58690	1.42070	.60285	1.51795	.61893	1.62419	36
37	.57133	1.33278	.58716	1.42225	.60312	1.51965	.61920	1.62604	37
38	.57159	1.33422	.58743	1.42380	.60339	1.52134	.61947	1.62790	38
39	.57185	1.33565	.58769	1.42536	.60365	1.52304	.61974	1.62976	39
40	.57212	1.33708	.58796	1.42692	.60392	1.52474	.62001	1.63162	40
41	.57238	1.33852	.58822	1.42848	.60419	1.52645	.62027	1.63348	41
42	.57264	1.33996	.58849	1.43005	.60445	1.52815	.62054	1.63535	42
43	.57291	1.34140	.58875	1.43162	.60472	1.52986	.62081	1.63722	43
44	.57317	1.34284	.58902	1.43318	.60499	1.53157	.62108	1.63909	44
45	.57343	1.34429	.58928	1.43476	.60526	1.53329	.62135	1.64097	45
46	.57369	1.34573	.58955	1.43633	.60552	1.53500	.62162	1.64285	46
47	.57396	1.34718	.58981	1.43790	.60579	1.53672	.62189	1.64473	47
48	.57422	1.34863	.59008	1.43948	.60606	1.53845	.62216	1.64662	48
49	.57448	1.35009	.59034	1.44106	.60633	1.54017	.62243	1.64851	49
50	.57475	1.35154	.59061	1.44264	.60659	1.54190	.62270	1.65040	50
51	.57501	1.35300	.59087	1.44423	.60686	1.54363	.62297	1.65229	51
52	.57527	1.35446	.59114	1.44582	.60713	1.54536	.62324	1.65419	52
53	.57554	1.35592	.59140	1.44741	.60740	1.54709	.62351	1.65609	53
54	.57580	1.35738	.59167	1.44900	.60766	1.54883	.62378	1.65799	54
55	.57606	1.35885	.59194	1.45059	.60793	1.55057	.62405	1.65989	55
56	.57633	1.36031	.59220	1.45219	.60820	1.55231	.62431	1.66180	56
57	.57659	1.36178	.59247	1.45378	.60847	1.55405	.62458	1.66371	57
58	.57685	1.36325	.59273	1.45539	.60873	1.55580	.62485	1.66563	58
59	.57712	1.36473	.59300	1.45699	.60900	1.55755	.62512	1.66755	59
60	.57738	1.36620	.59326	1.45859	.60927	1.55930	.62539	1.66947	60

	68°		69°		70°		71°		
′	Vers.	Ex. sec.	Vers.	Ex. sec.	Vers.	Ex. sec.	Vers.	Ex. sec.	′
0	.62539	1.66947	.64163	1.79043	.65798	1.92380	.67443	2.07155	0
1	.62566	1.67139	.64190	1.79254	.65825	1.92614	.67471	2.07415	1
2	.62593	1.67332	.64218	1.79466	.65853	1.92849	.67498	2.07675	2
3	.62620	1.67525	.64245	1.79679	.65880	1.93083	.67526	2.07936	3
4	.62647	1.67718	.64272	1.79891	.65907	1.93318	.67553	2.08197	4
5	.62674	1.67911	.64299	1.80104	.65935	1.93554	.67581	2.08459	5
6	.62701	1.68105	.64326	1.80318	.65962	1.93790	.67608	2.08721	6
7	.62728	1.68299	.64353	1.80531	.65989	1.94026	.67636	2.08983	7
8	.62755	1.68494	.64381	1.80746	.66017	1.94263	.67663	2.09246	8
9	.62782	1.68689	.64408	1.80960	.66044	1.94500	.67691	2.09510	9
10	.62809	1.68884	.64435	1.81175	.66071	1.94737	.67718	2.09774	10
11	.62836	1.69079	.64462	1.81390	.66099	1.94975	.67746	2.10038	11
12	.62863	1.69275	.64489	1.81605	.66126	1.95213	.67773	2.10303	12
13	.62890	1.69471	.64517	1.81821	.66154	1.95452	.67801	2.10568	13
14	.62917	1.69667	.64544	1.82037	.66181	1.95691	.67829	2.10834	14
15	.62944	1.69864	.64571	1.82254	.66208	1.95931	.67856	2.11101	15
16	.62971	1.70061	.64598	1.82471	.66236	1.96171	.67884	2.11367	16
17	.62998	1.70258	.64025	1.82688	.66263	1.96411	.67911	2.11635	17
18	.63025	1.70455	.64653	1.82906	.66290	1.96652	.67939	2.11903	18
19	.63052	1.70653	.64680	1.83124	.66318	1.96893	.67966	2.12171	19
20	.63079	1.70851	.64707	1.83342	.66345	1.97135	.67994	2.12440	20
21	.63106	1.71050	.64734	1.83561	.66373	1.97377	.68021	2.12709	21
22	.63133	1.71249	.64761	1.83780	.66400	1.97619	.68049	2.12979	22
23	.63161	1.71448	.64789	1.83999	.66427	1.97862	.68077	2.13249	23
24	.63188	1.71647	.64816	1.84219	.66455	1.98106	.68104	2.13520	24
25	.63215	1.71847	.64843	1 84439	.66482	1.98349	.68132	2.13791	25
26	.63242	1.72047	.64870	1.84659	.66510	1.98594	.68159	2.14063	26
27	.63269	1.72247	.64898	1.84880	.66537	1 98838	.68187	2.14335	27
28	.63296	1.72448	.64925	1.85102	.66564	1.99083	.68214	2.14608	28
29	.63323	1.72649	.64952	1.85323	.66592	1.99329	.68242	2.14881	29
30	.63350	1.72850	.64979	1.85545	.66619	1.99574	.68270	2.15155	30
31	.63377	1.73052	.65007	1.85767	.66647	1.99821	.68297	2.15429	31
32	.63404	1.73254	.65034	1.85990	.66674	2.00067	.68325	2.15704	32
33	.63431	1.73456	.65061	1.86213	.66702	2.00315	.68352	2.15979	33
34	.63458	1.73659	.65088	1.86437	.66729	2.00562	.68380	2.16255	34
35	.63485	1.73862	.65116	1.86661	.66756	2.00810	.68408	2.16531	35
36	.63512	1.74065	.65143	1.86885	.66784	2.01059	.68435	2.16808	36
37	.63539	1.74269	.65170	1.87109	.66811	2.01308	.68463	2.17085	37
38	.63566	1.74473	.65197	1.87334	.66839	2.01557	.68490	2.17363	38
39	.63594	1.74677	.65225	1.87560	.66866	2.01807	.68518	2.17641	39
40	.63621	1.74881	.65252	1.87785	.66894	2.02057	.68546	2.17920	40
41	.63648	1.75086	.65279	1.88011	.66921	2.02308	.68573	2.18199	41
42	.63675	1.75292	.65306	1.88238	.66949	2.02559	.68601	2.18479	42
43	.63702	1.75497	.65334	1.88465	.66976	2.02810	.68628	2.18759	43
44	.63729	1.75703	.65361	1.88692	.67003	2.03062	.68656	2.19040	44
45	.63756	1.75909	.65388	1.88920	.67031	2.03315	.68684	2.19322	45
46	.63783	1.76116	.65416	1.89148	.67058	2.03568	.66711	2.19604	46
47	.63810	1.76323	.65443	1.89376	.67086	2.03821	.68739	2.19886	47
48	.63838	1.76530	.65470	1.89605	.67113	2.04075	.68767	2.20169	48
49	.63865	1.76737	.65497	1.89834	.67141	2.04329	.68794	2.20453	49
50	.63892	1.76945	.65525	1.90063	.67168	2.04584	.68822	2.20737	50
51	.63919	1.77154	.65552	1.90293	.67196	2.04839	.68849	2.21021	51
52	.63946	1.77362	.65579	1.90524	.67223	2.05094	.68877	2.21306	52
53	.63973	1.77571	.65607	1.90754	.67251	2.05350	.68905	2.21592	53
54	.64000	1.77780	.65634	1.90986	.67278	2.05607	.68932	2.21878	54
55	.64027	1.77990	.65661	1.91217	.67306	2.05864	.68960	2.22165	55
56	.64055	1.78200	.65689	1.91449	.67333	2.06121	.68988	2.22452	56
57	.64082	1.78410	.65716	1.91681	.67361	2.06379	.69015	2.22740	57
58	.64109	1.78621	.65743	1.91914	.67388	2.06637	.69043	2.23028	58
59	.64136	1.78832	.65771	1.92147	.67416	2.06896	.69071	2.23317	59
60	.64163	1.79043	.65798	1.92380	.67443	2.07155	.69098	2.23607	60

′	72° Vers.	72° Ex. sec.	73° Vers.	73° Ex. sec.	74° Vers.	74° Ex. sec.	75° Vers.	75° Ex. sec.	′
0	.69098	2.23607	.70763	2.42030	.72436	2.62796	.74118	2.86370	0
1	.69126	2.23897	.70791	2.42356	.72464	2.63164	.74146	2.86790	1
2	.69154	2.24187	.70818	2.42683	.72492	2.63533	.74174	2.87211	2
3	.69181	2.24478	.70846	2.43010	.72520	2.63903	.74202	2.87633	3
4	.69209	2.24770	.70874	2.43337	.72548	2.64274	.74231	2.88056	4
5	.69237	2.25062	.70902	2.43666	.72576	2.64645	.74259	2.88479	5
6	.69264	2.25355	.70930	2.43995	.72604	2.65018	.74287	2.88904	6
7	.69292	2.25648	.70958	2.44324	.72632	2.65391	.74315	2.89330	7
8	.69320	2.25942	.70985	2.44655	.72660	2.65765	.74343	2.89756	8
9	.69347	2.26237	.71013	2.44986	.72688	2.66140	.74371	2.90184	9
10	.69375	2.26531	.71041	2.45317	.72716	2.66515	.74399	2.90613	10
11	.69403	2.26827	.71069	2.45650	.72744	2.66892	.74427	2.91042	11
12	.69430	2.27123	.71097	2.45983	.72772	2.67269	.74455	2.91473	12
13	.69458	2.27420	.71125	2.46316	.72800	2.67647	.74484	2.91904	13
14	.69486	2.27717	.71153	2.46651	.72828	2.68025	.74512	2.92337	14
15	.69514	2.28015	.71180	2.46986	.72856	2.68405	.74540	2.92770	15
16	.69541	2.28313	.71208	2.47321	.72884	2.68785	.74568	2.93204	16
17	.69569	2.28612	.71236	2.47658	.72912	2.69167	.74596	2.93640	17
18	.69597	2.28912	.71264	2.47995	.72940	2.69549	.74624	2.94076	18
19	.69624	2.29212	.71292	2.48333	.72968	2.69931	.74652	2.94514	19
20	.69652	2.29512	.71320	2.48671	.72996	2.70315	.74680	2.94952	20
21	.69680	2.29814	.71348	2.49010	.73024	2.70700	.74709	2.95392	21
22	.69708	2.30115	.71375	2.49350	.73052	2.71085	.74737	2.95832	22
23	.69735	2.30418	.71403	2.49691	.73080	2.71471	.74765	2.96274	23
24	.69763	2.30721	.71431	2.50032	.73108	2.71858	.74793	2.96716	24
25	.69791	2.31024	.71459	2.50374	.73136	2.72246	.74821	2.97160	25
26	.69818	2.31328	.71487	2.50716	.73164	2.72635	.74849	2.97604	26
27	.69846	2.31633	.71515	2.51060	.73192	2.73024	.74878	2.98050	27
28	.69874	2.31939	.71543	2.51404	.73220	2.73414	.74906	2.98497	28
29	.69902	2.32244	.71571	2.51748	.73248	2.73806	.74934	2.98944	29
30	.69929	2.32551	.71598	2.52094	.73276	2.74198	.74962	2.99393	30
31	.69957	2.32858	.71626	2.52440	.73304	2.74591	.74990	2.99843	31
32	.69985	2.33166	.71654	2.52787	.73332	2.74984	.75018	3.00293	32
33	.70013	2.33474	.71682	2.53134	.73360	2.75379	.75047	3.00745	33
34	.70040	2.33783	.71710	2.53482	.73388	2.75775	.75075	3.01198	34
35	.70068	2.34092	.71738	2.53831	.73416	2.76171	.75103	3.01652	35
36	.70096	2.34403	.71766	2.54181	.73444	2.76568	.75131	3.02107	36
37	.70124	2.34713	.71794	2.54531	.73472	2.76966	.75159	3.02563	37
38	.70151	2.35025	.71822	2.54883	.73500	2.77365	.75187	3.03020	38
39	.70179	2.35336	.71850	2.55235	.73529	2.77765	.75216	3.03479	39
40	.70207	2.35649	.71877	2.55587	.73557	2.78166	.75244	3.03938	40
41	.70235	2.35962	.71905	2.55940	.73585	2.78568	.75272	3.04398	41
42	.70263	2.36276	.71933	2.56294	.73613	2.78970	.75300	3.04860	42
43	.70290	2.36590	.71961	2.56649	.73641	2.79374	.75328	3.05322	43
44	.70318	2.36905	.71989	2.57005	.73669	2.79778	.75356	3.05786	44
45	.70346	2.37221	.72017	2.57361	.73697	2.80183	.75385	3.06251	45
46	.70374	2.37537	.72045	2.57718	.73725	2.80589	.75413	3.06717	46
47	.70401	2.37854	.72073	2.58076	.73753	2.80996	.75441	3.07184	47
48	.70429	2.38171	.72101	2.58434	.73781	2.81404	.75469	3.07652	48
49	.70457	2.38489	.72129	2.58794	.73809	2.81813	.75497	3.08121	49
50	.70485	2.38808	.72157	2.59154	.73837	2.82223	.75526	3.08591	50
51	.70513	2.39128	.72185	2.59514	.73865	2.82633	.75554	3.09063	51
52	.70540	2.39448	.72213	2.59876	.73893	2.83045	.75582	3.09535	52
53	.70568	2.39768	.72241	2.60238	.73921	2.83457	.75610	3.10009	53
54	.70596	2.40089	.72269	2.60601	.73950	2.83871	.75639	3.10484	54
55	.70624	2.40411	.72296	2.60965	.73978	2.84285	.75667	3.10960	55
56	.70652	2.40734	.72324	2.61330	.74006	2.84700	.75695	3.11437	56
57	.70679	2.41057	.72352	2.61695	.74034	2.85116	.75723	3.11915	57
58	.70707	2.41381	.72380	2.62061	.74062	2.85533	.75751	3.12394	58
59	.70735	2.41705	.72408	2.62428	.74090	2.85951	.75780	3.12875	59
60	.70763	2.42030	.72436	2.62796	.74118	2.86370	.75808	3.13357	60

	76°		77°		78°		79°		
′	Vers.	Ex. sec.	Vers.	Ex. sec.	Vers.	Ex. sec.	Vers.	Ex. sec.	′
0	.75808	3.13357	.77505	3.44541	.79209	3.80973	.80919	4.24084	0
1	.75836	3.13839	.77533	3.45102	.79237	3.81633	.80948	4.24870	1
2	.75864	3.14323	.77562	3.45664	.79266	3.82294	.80976	4.25658	2
3	.75892	3.14809	.77590	3.46228	.79294	3.82956	.81005	4.26448	3
4	.75921	3.15295	.77618	3.46793	.79323	3.83621	.81033	4.27241	4
5	.75949	3.15782	.77647	3.47360	.79351	3.84288	.81062	4.28036	5
6	.75977	3.16271	.77675	3.47928	.79380	3.84956	.81090	4.28833	6
7	.76005	3.16761	.77703	3.48498	.79408	3.85627	.81119	4.29634	7
8	.76034	3.17252	.77732	3.49069	.79437	3.86299	.81148	4.30436	8
9	.76062	3.17744	.77760	3.49642	.79465	3.86973	.81176	4.31241	9
10	.76090	3.18238	.77788	3.50216	.79493	3.87649	.81205	4.32049	10
11	.76118	3.18733	.77817	3.50791	.79522	3.88327	.81233	4.32859	11
12	.76147	3.19228	.77845	3.51368	.79550	3.89007	.81262	4.33671	12
13	.76175	3.19725	.77874	3.51947	.79579	3.89689	.81290	4.34486	13
14	.76203	3.20224	.77902	3.52527	.79607	3.90373	.81319	4.35304	14
15	.76231	3.20723	.77930	3.53109	.79636	3.91058	.81348	4.36124	15
16	.76260	3.21224	.77959	3.53692	.79664	3.91746	.81376	4.36947	16
17	.76288	3.21726	.77987	3.54277	.79693	3.92436	.81405	4.37772	17
18	.76316	3.22229	.78015	3.54863	.79721	3.93128	.81433	4.38600	18
19	.76344	3.22734	.78044	3.55451	.79750	3.93821	.81462	4.39430	19
20	.76373	3.23239	.78072	3.56041	.79778	3.94517	.81491	4.40263	20
21	.76401	3.23746	.78101	3.56632	.79807	3.95215	.81519	4.41099	21
22	.76429	3.24255	.78129	3.57224	.79835	3.95914	.81548	4.41937	22
23	.76458	3.24764	.78157	3.57819	.79864	3.96616	.81576	4.42778	23
24	.76486	3.25275	.78186	3.58414	.79892	3.97320	.81605	4.43622	24
25	.76514	3.25787	.78214	3.59012	.79921	3.98025	.81633	4.44468	25
26	.76542	3.26300	.78242	3.59611	.79949	3.98733	.81662	4.45317	26
27	.76571	3.26814	.78271	3.60211	.79978	3.99443	.81691	4.46169	27
28	.76599	3.27330	.78299	3.60813	.80006	4.00155	.81719	4.47023	28
29	.76627	3.27847	.78328	3.61417	.80035	4.00869	.81748	4.47881	29
30	.76655	3.28366	.78356	3.62023	.80063	4.01585	.81776	4.48740	30
31	.76684	3.28885	.78384	3.62630	.80092	4.02303	.81805	4.49603	31
32	.76712	3.29406	.78413	3.63238	.80120	4.03024	.81834	4.50468	32
33	.76740	3.29929	.78441	3.63849	.80149	4.03746	.81862	4.51337	33
34	.76769	3.30452	.78470	3.64461	.80177	4.04471	.81891	4.52208	34
35	.76797	3.30977	.78498	3.65074	.80206	4.05197	.81919	4.53081	35
36	.76825	3.31503	.78526	3.65690	.80234	4.05926	.81948	4.53958	36
37	.76854	3.32031	.78555	3.66307	.80263	4.06657	.81977	4.54837	37
38	.76882	3.32560	.78583	3.66925	.80291	4.07390	.82005	4.55720	38
39	.76910	3.33090	.78612	3.67545	.80320	4.08125	.82034	4.56605	39
40	.76938	3.33622	.78640	3.68167	.80348	4.08863	.82063	4.57493	40
41	.76967	3.34154	.78669	3.68791	.80377	4.09602	.82091	4.58383	41
42	.76995	3.34689	.78697	3.69417	.80405	4.10344	.82120	4.59277	42
43	.77023	3.35224	.78725	3.70044	.80434	4.11088	.82148	4.60174	43
44	.77052	3.35761	.78754	3.70673	.80462	4.11835	.82177	4.61073	44
45	.77080	3 36299	.78782	3.71303	.80491	4.12583	.82206	4.61976	45
46	.77108	3.36839	.78811	3.71935	.80520	4.13334	.82234	4.62881	46
47	.77137	3.37380	.78839	3.72569	.80548	4.14087	.82263	4.63790	47
48	.77165	3.37923	.78868	3.73205	.80577	4.14842	.82292	4.64701	48
49	.77193	3.38466	.78896	3.73843	.80605	4.15599	.82320	4.65616	49
50	.77222	3.39012	.78924	3.74482	.80634	4.16359	.82349	4.66533	50
51	.77250	3.39558	.78953	3.75123	.80662	4.17121	.82377	4.67454	51
52	.77278	3.40106	.78981	3.75766	.80691	4.17886	.82406	4.68377	52
53	.77307	3.40656	.79010	3.76411	.80719	4.18652	.82435	4.69304	53
54	.77335	3.41206	.79038	3.77057	.80748	4.19421	.82463	4.70234	54
55	.77363	3.41759	.79067	3.77705	.80776	4.20193	.82492	4.71166	55
56	.77392	3.42312	.79095	3.78355	.80805	4.20966	.82521	4.72102	56
57	.77420	3.42867	.79123	3.79007	.80833	4.21742	.82549	4.73041	57
58	.77448	3.43424	.79152	3.79661	.80862	4.22521	.82578	4.73983	58
59	.77477	3.43982	.79180	3.80316	.80891	4.23301	.82607	4.74929	59
60	.77505	3.44541	.79209	3.80973	.80919	4.24084	.82635	4.75877	60

TABLA XI.—VERSENOS Y SECANTES EXTERNALES

′	80° Vers.	80° Ex. sec.	81° Vers.	81° Ex. sec.	82° Vers.	82° Ex. sec.	83° Vers.	83° Ex. sec.
0	.82635	4.75877	.84357	5.39245	.86083	6.18530	.87813	7.20551
1	.82664	4.76829	.84385	5.40422	.86112	6.20020	.87842	7.22500
2	.82692	4.77784	.84414	5.41602	.86140	6.21517	.87871	7.24457
3	.82721	4.78742	.84443	5.42787	.86169	6.23019	.87900	7.26425
4	.82750	4.79703	.84471	5.43977	.86198	6.24529	.87929	7.28402
5	.82778	4.80667	.84500	5.45171	.86227	6.26044	.87957	7.30388
6	.82807	4.81635	.84529	5.46369	.86256	6.27566	.87986	7.32384
7	.82836	4.82606	.84558	5.47572	.86284	6.29095	.88015	7.34390
8	.82864	4.83581	.84586	5.48779	.86313	6.30630	.88044	7.36405
9	.82893	4.84558	.84615	5.49991	.86342	6.32171	.88073	7.38431
10	.82922	4.85539	.84644	5.51208	.86371	6.33719	.88102	7.40466
11	.82950	4.86524	.84673	5.52429	.86400	6.35274	.88131	7.42511
12	.82979	4.87511	.84701	5.53655	.86428	6.36835	.88160	7.44566
13	.83008	4.88502	.84730	5.54886	.86457	6.38403	.88188	7.46632
14	.83036	4.89497	.84759	5.56121	.86486	6.39978	.88217	7.48707
15	.83065	4.90495	.84788	5.57361	.86515	6.41560	.88246	7.50793
16	.83094	4.91496	.84816	5.58606	.86544	6.43148	.88275	7.52889
17	.83122	4.92501	.84845	5.59855	.86573	6.44743	.88304	7.54996
18	.83151	4.93509	.84874	5.61110	.86601	6.46346	.88333	7.57113
19	.83180	4.94521	.84903	5.62369	.86630	6.47955	.88362	7.59241
20	.83208	4.95536	.84931	5.63633	.86659	6.49571	.88391	7.61379
21	.83237	4.96555	.84960	5.64902	.86688	6.51194	.88420	7.63528
22	.83266	4.97577	.84989	5.66176	.86717	6.52825	.88448	7.65688
23	.83294	4.98603	.85018	5.67454	.86746	6.54462	.88477	7.67859
24	.83323	4.99633	.85046	5.68738	.86774	6.56107	.88506	7.70041
25	.83352	5.00666	.85075	5.70027	.86803	6.57759	.88535	7.72234
26	.83380	5.01703	.85104	5.71321	.86832	6.59418	.88564	7.74438
27	.83409	5.02743	.85133	5.72620	.86861	6.61085	.88593	7.76653
28	.83438	5.03787	.85162	5.73924	.86890	6.62759	.88622	7.78880
29	.83467	5.04834	.85190	5.75233	.86919	6.64441	.88651	7.81118
30	.83495	5.05886	.85219	5.76547	.86947	6.66130	.88680	7.83367
31	.83524	5.06941	.85248	5.77866	.86976	6.67826	.88709	7.85628
32	.83553	5.08000	.85277	5.79191	.87005	6.69530	.88737	7.87901
33	.83581	5.09062	.85305	5.80521	.87034	6.71242	.88766	7.90186
34	.83610	5.10129	.85334	5.81856	.87063	6.72962	.88795	7.92482
35	.83639	5.11199	.85363	5.83196	.87092	6.74689	.88824	7.94791
36	.83667	5.12273	.85392	5.84542	.87120	6.76424	.88853	7.97111
37	.83696	5.13350	.85420	5.85893	.87149	6.78167	.88882	7.99444
38	.83725	5.14432	.85449	5.87250	.87178	6.79918	.88911	8.01788
39	.83754	5.15517	.85478	5.88612	.87207	6.81677	.88940	8.04146
40	.83782	5.16607	.85507	5.89979	.87236	6.83443	.88969	8.06515
41	.83811	5.17700	.85536	5.91352	.87265	6.85218	.88998	8.08897
42	.83840	5.18797	.85564	5.92731	.87294	6.87001	.89027	8.11292
43	.83868	5.19898	.85593	5.94115	.87322	6.88792	.89055	8.13699
44	.83897	5.21004	.85622	5.95505	.87351	6.90592	.89084	8.16120
45	.83926	5.22113	.85651	5.96900	.87380	6.92400	.89113	8.18553
46	.83954	5.23226	.85680	5.98301	.87409	6.94216	.89142	8.20999
47	.83983	5.24343	.85708	5.99708	.87438	6.96040	.89171	8.23459
48	.84012	5.25464	.85737	6.01120	.87467	6.97873	.89200	8.25931
49	.84041	5.26590	.85766	6.02538	.87496	6.99714	.89229	8.28417
50	.84069	5.27719	.85795	6.03962	.87524	7.01565	.89258	8.30917
51	.84098	5.28853	.85823	6.05392	.87553	7.03423	.89287	8.33430
52	.84127	5.29991	.85852	6.06828	.87582	7.05291	.89316	8.35957
53	.84155	5.31133	.85881	6.08269	.87611	7.07167	.89345	8.38497
54	.84184	5.32279	.85910	6.09717	.87640	7.09052	.89374	8.41052
55	.84213	5.33429	.85939	6.11171	.87669	7.10946	.89403	8.43620
56	.84242	5.34584	.85967	6.12630	.87698	7.12849	.89431	8.46203
57	.84270	5.35743	.85996	6.14096	.87726	7.14760	.89460	8.48800
58	.84299	5.36906	.86025	6.15568	.87755	7.16681	.89489	8.51411
59	.84328	5.38073	.86054	6.17046	.87784	7.18612	.89518	8.54037
60	.84357	5.39245	.86083	6.18530	.87813	7.20551	.89547	8.56677

′	84° Vers.	84° Ex. sec.	85° Vers.	85° Ex. sec.	86° Vers.	86° Ex. sec.	′
0	.89547	8.56677	.91284	10.47371	.93024	13.33559	0
1	.89576	8.59332	.91313	10.51199	.93053	13.39547	1
2	.89605	8.62002	.91342	10.55052	.93082	13.45586	2
3	.89634	8.64687	.91371	10.58932	.93111	13.51676	3
4	.89663	8.67387	.91400	10.62837	.93140	13.57817	4
5	.89692	8.70103	.91429	10.66769	.93169	13.64011	5
6	.89721	8.72833	.91458	10.70728	.93198	13.70258	6
7	.89750	8.75579	.91487	10.74714	.93227	13.76558	7
8	.89779	8.78341	.91516	10.78727	.93257	13.82913	8
9	.89808	8.81119	.91545	10.82768	.93286	13.89323	9
10	.89836	8.83912	.91574	10.86837	.93315	13.95788	10
11	.89865	8.86722	.91603	10.90934	.93344	14.02310	11
12	.89894	8.89547	.91632	10.95060	.93373	14.08890	12
13	.89923	8.92389	.91661	10.99214	.93402	14.15527	13
14	.89952	8.95248	.91690	11.03397	.93431	14.22223	14
15	.89981	8.98123	.91719	11.07610	.93460	14.28979	15
16	.90010	9.01015	.91748	11.11852	.93489	14.35795	16
17	.90039	9.03923	.91777	11.16125	.93518	14.42672	17
18	.90068	9.06849	.91806	11.20427	.93547	14.49611	18
19	.90097	9.09792	.91835	11.24761	.93576	14.56614	19
20	.90126	9.12752	.91864	11.29125	.93605	14.63679	20
21	.90155	9.15730	.91893	11.33521	.93634	14.70810	21
22	.90184	9.18725	.91922	11.37948	.93663	14.78005	22
23	.90213	9.21739	.91951	11.42408	.93692	14.85268	23
24	.90242	9.24770	.91980	11.46900	.93721	14.92597	24
25	.90271	9.27819	.92009	11.51424	.93750	14.99995	25
26	.90300	9.30887	.92038	11.55982	.93779	15.07462	26
27	.90329	9.33973	.92067	11.60572	.93808	15.14999	27
28	.90358	9.37077	.92096	11.65197	.93837	15.22607	28
29	.90386	9.40201	.92125	11.69856	.93866	15.30287	29
30	.90415	9.43343	.92154	11.74550	.93895	15.38041	30
31	.90444	9.46505	.92183	11.79278	.93924	15.45869	31
32	.90473	9.49685	.92212	11.84042	.93953	15.53772	32
33	.90502	9.52886	.92241	11.88841	.93982	15.61751	33
34	.90531	9.56106	.92270	11.93677	.94011	15.69808	34
35	.90560	9.59346	.92299	11.98549	.94040	15.77944	35
36	.90589	9.62605	.92328	12.03458	.94069	15.86159	36
37	.90618	9.65885	.92357	12.08404	.94098	15.94456	37
38	.90647	9.69186	.92386	12.13388	.94127	16.02835	38
39	.90676	9.72507	.92415	12.18411	.94156	16.11297	39
40	.90705	9.75849	.92444	12.23472	.94186	16.19843	40
41	.90734	9.79212	.92473	12.28572	.94215	16.28476	41
42	.90763	9.82596	.92502	12.33712	.94244	16.37196	42
43	.90792	9.86001	.92531	12.38891	.94273	16.46005	43
44	.90821	9.89428	.92560	12.44112	.94302	16.54903	44
45	.90850	9.92877	.92589	12.49373	.94331	16.63893	45
46	.90879	9.96348	.92618	12.54676	.94360	16.72975	46
47	.90908	9.99841	.92647	12.60021	.94389	16.82152	47
48	.90937	10.03356	.92676	12.65408	.94418	16.91424	48
49	.90966	10.06894	.92705	12.70838	.94447	17.00794	49
50	.90995	10.10455	.92734	12.76312	.94476	17.10262	50
51	91024	10.14039	.92763	12.81829	.94505	17.19830	51
52	.91053	10.17646	.92792	12.87391	.94534	17.29501	52
53	.91082	10.21277	.92821	12.92999	.94563	17.39274	53
54	.91111	10.24932	.92850	12.98651	.94592	17.49153	54
55	.91140	10.28610	.92879	13.04350	.94621	17.59139	55
56	.91169	10.32313	.92908	13.10096	.94650	17.69233	56
57	.91197	10.36040	.92937	13.15889	.94679	17.79438	57
58	.91226	10.39792	.92966	13.21730	.94708	17.89755	58
59	.91255	10.43569	.92995	13.27620	.94737	18.00185	59
60	.91284	10.47371	.93024	13.33559	.94766	18.10732	60

′	87° Vers.	87° Ex. sec.	88° Vers.	88° Ex. sec.	89° Vers.	89° Ex. sec.	′
0	.94766	18.10732	.96510	27.65371	.98255	56.29869	0
1	.94795	18.21397	.96539	27.89440	.98284	57.26976	1
2	.94825	18.32182	.96568	28.13917	.98313	58.27431	2
3	.94854	18.43088	.96597	28.38812	.98342	59.31411	3
4	.94883	18.54119	.96626	28.64137	.98371	60.39105	4
5	.94912	18.65275	.96655	28.89903	.98400	61.50715	5
6	.94941	18.76560	.96684	29.16120	.98429	62.66460	6
7	.94970	18.87976	.96714	29.42802	.98458	63.86572	7
8	.94999	18.99524	.96743	29.69960	.98487	65.11304	8
9	.95028	19.11208	.96772	29.97607	.98517	66.40927	9
10	.95057	19.23028	.96801	30.25758	.98546	67.75736	10
11	.95086	19.34989	.96830	30.54425	.98575	69.16047	11
12	.95115	19.47093	.96859	30.83623	.98604	70.62207	12
13	.95144	19.59341	.96888	31.13366	.98633	72.14583	13
14	.95173	19.71737	.96917	31.43671	.98662	73.73586	14
15	.95202	19.84283	.96946	31.74554	.98691	75.39655	15
16	.95231	19.96982	.96975	32.06030	.98720	77.13274	16
17	.95260	20.09838	.97004	32.38118	.98749	78.94968	17
18	.95289	20.22852	.97033	32.70835	.98778	80.85315	18
19	.95318	20.36027	.97062	33.04199	.98807	82.84947	19
20	.95347	20.49368	.97092	33.38232	.98836	84.94561	20
21	.95377	20.62876	.97121	33.72952	.98866	87.14924	21
22	.95406	20.76555	.97150	34.08380	.98895	89.46886	22
23	.95435	20.90409	.97179	34.44539	.98924	91.91387	23
24	.95464	21.04440	.97208	34.81452	.98953	94.49471	24
25	.95493	21.18653	.97237	35.19141	.98982	97.22303	25
26	.95522	21.33050	.97266	35.57633	.99011	100.1119	26
27	.95551	21.47635	.97295	35.96953	.99040	103.1757	27
28	.95580	21.62413	.97324	36.37127	.99069	106.4311	28
29	.95609	21.77386	.97353	36.78185	.99098	109.8966	29
30	.95638	21.92559	.97382	37.20155	.99127	113.5930	30
31	.95667	22.07935	.97411	37.63068	.99156	117.5444	31
32	.95696	22.23520	.97440	38.06957	.99186	121.7780	32
33	.95725	22.39316	.97470	38.51855	.99215	126.3253	33
34	.95754	22.55328	.97499	38.97797	.99244	131.2223	34
35	.95783	22.71563	.97528	39.44820	.99278	136.5111	35
36	.95812	22.88022	.97557	39.92963	.99302	142.2406	36
37	.95842	23.04712	.97586	40.42266	.99331	148.4684	37
38	.95871	23.21637	.97615	40.92772	.99360	155.2623	38
39	.95900	23.38802	.97644	41.44525	.99389	162.7033	39
40	.95929	23.56212	.97673	41.97571	.99418	170.8883	40
41	.95958	23.73873	.97702	42.51961	.99447	179.9350	41
42	.95987	23.91790	.97731	43.07746	.99476	189.9868	42
43	.96016	24.09969	.97760	43.64980	.99505	201.2212	43
44	.96045	24.28414	.97789	44.23720	.99535	213.8600	44
45	.96074	24.47134	.97819	44.84026	.99564	228.1839	45
46	.96103	24.66132	.97848	45.45963	.99593	244.5540	46
47	.96132	24.85417	.97877	46.09596	.99622	263.4427	47
48	.96161	25.04994	.97906	46.74997	.99651	285.4795	48
49	.96190	25.24869	.97935	47.42241	.99680	311.5230	49
50	.96219	25.45051	.97964	48.11406	.99709	342.7752	50
51	.96248	25.65546	.97993	48.82576	.99738	380.9723	51
52	.96277	25.86360	.98022	49.55840	.99767	428.7187	52
53	.96307	26.07503	.98051	50.31290	.99796	490.1070	53
54	.96336	26.28981	.98080	51.09027	.99825	571.9581	54
55	.96365	26.50804	.98109	51.89156	.99855	686.5496	55
56	.96394	26.72978	.98138	52.71790	.99884	858.4369	56
57	.96423	26.95513	.98168	53.57046	.99913	1144.916	57
58	.96452	27.18417	.98197	54.45053	.99942	1717.874	58
59	.96481	27.41700	.98226	55.35946	.99971	3436.747	59
60	.96510	27.65371	.98255	56.29869	1.00000	Infinite	60

TABLA XII.—MEDIDAS TAQUIMETRICAS
(Carteras A Lietz Co., San Francisco, Ca.)
Distancia focal = *c*.

Min.	0° Dist. Hor.	0° Diff. Elev.	1° Dist. Hor.	1° Diff. Elev.	2° Dist. Hor.	2° Diff. Elev	3° Dist. Hor.	3° Diff. Elev.	4° Dist. Hor.	4° Diff. Elev.	5° D st. Hor.	5° Diff. Elev.	6° Dist. Hor.	6° Diff. Elev.	7° Dist. Hor.	7° Diff. Elev
0	100.00	.00	99.97	1.74	99.88	3.49	99.73	5.23	99.51	6.96	99.24	8.68	98.91	10.40	98.51	12.10
2	100.00	.06	99.97	1.80	99.87	3.55	99.72	5.28	99.51	7.02	99.23	8.74	98.90	10.45	98.50	12.15
4	100.00	.12	99.97	1.86	99.87	3.60	99.71	5.34	99.50	7.07	99.22	8.80	98.88	10.51	98.48	12.21
6	100.00	.17	99.96	1.92	99.87	3.66	99.71	5.40	99.49	7.13	99.21	8.85	98.87	10.57	98.47	12.26
8	100.00	.23	99.96	1.98	99.86	3.72	99.70	5.46	99.48	7.19	99.20	8.91	98.86	10.62	98.46	12.32
10	100.00	.29	99.96	2.04	99.86	3.78	99.69	5.52	99.47	7.25	99.19	8.97	98.85	10.68	98.44	12.38
12	100.00	.35	99.96	2.09	99.85	3.84	99.69	5.57	99.46	7.30	99.18	9.03	98.83	10.74	98.43	12.43
14	100.00	.41	99.95	2.15	99.85	3.90	99.68	5.63	99.46	7.36	99.17	9.08	98.82	10.79	98.41	12.49
16	100.00	.47	99.95	2.21	99.84	3.95	99.68	5.69	99.45	7.42	99.16	9.14	98.81	10.85	98.40	12.55
18	100.00	.52	99.95	2.27	99.84	4.01	99.67	5.75	99.44	7.48	99.15	9.20	98.80	10.91	98.39	12.60
20	100.00	.58	99.95	2.33	99.83	4.07	99.66	5.80	99.43	7.53	99.14	9.25	98.78	10.96	98.37	12.66
22	100.00	.64	99.94	2.38	99.83	4.13	99.66	5.86	99.42	7.59	99.13	9.31	99.77	11.02	98.36	12.72
24	100.00	.70	99.94	2.44	99.82	4.18	99.65	5.92	99.41	7.65	99.11	9.37	98.76	11.08	98.34	12.77
26	99.99	.76	99.94	2.50	99.82	4.24	99.64	5.98	99.40	7.71	99.10	9.43	98.74	11.13	98.33	12.83
28	99.99	.81	99.93	2.56	99.81	4.30	99.63	6.04	99.39	7.76	99.09	9.48	98.73	11.19	98.31	12.88
30	99.99	.87	99.93	2.62	99.81	4.36	99.63	6.09	99.38	7.82	99.08	9.54	98.72	11.25	98.29	12.94
32	99.99	.93	99.93	2.67	99.80	4.42	99.62	6.15	99.38	7.88	99.07	9.60	98.71	11.30	98.28	13.00
34	99.99	.99	99.93	2.73	99.80	4.48	99.62	6.21	99.37	7.94	99.06	9.65	98.69	11.36	98.27	13.05
36	99.99	1.05	99.92	2.79	99.79	4.53	99.61	6.27	99.36	7.99	99.05	9.71	98.68	11.42	98.25	13.11
38	99.99	1.11	99.92	2.85	99.79	4.59	99.60	6.33	99.35	8.05	99.04	9.77	98.67	11.47	98.24	13.17
40	99.99	1.16	99.92	2.91	99.78	4.65	99.59	6.38	99.34	8.11	99.03	9.83	98.65	11.53	98.22	13.22
42	99.99	1.22	99.91	2.97	99.78	4.71	99.59	6.44	99.33	8.17	99.01	9.88	98.64	11.59	98.20	13.28
44	99.98	1.28	99.91	3.02	99.77	4.76	99.58	6.50	99.32	8.22	99.00	9.94	98.63	11.64	98.19	13.33
46	99.98	1.34	99.90	3.08	99.77	4.82	99.57	6.56	99.31	8.28	98.99	10.00	98.61	11.70	98.17	13.39
48	99.98	1.40	99.90	3.14	99.76	4.88	99.56	6.61	99.30	8.34	98.98	10.05	98.60	11.76	98.16	13.45
50	99.98	1.45	99.90	3.20	99.76	4.94	99.56	6.67	99.29	8.40	98.97	10.11	98.58	11.81	98.14	13.50
52	99.98	1.51	99.89	3.26	99.75	4.99	99.55	6.73	99.28	8.45	98.96	10.17	98.57	11.87	98.13	13.56
54	99.98	1.57	99.89	3.31	99.74	5.05	99.54	6.78	99.27	8.51	98.94	10.22	98.56	11.93	98.11	13.61
56	99.97	1.63	99.89	3.37	99.74	5.11	99.53	6.84	99.26	8.57	98.93	10.28	98.54	11.98	98.10	13.67
58	99.97	1.69	99.88	3.43	99.73	5.17	99.52	6.90	99.25	8.63	98.92	10.34	98.53	12.04	98.08	13.73
60	99.97	1.74	99.88	3.49	99.73	5.23	99.51	6.96	99.24	8.68	98.91	10.40	98.51	12.10	98.06	13.78
C = .23	.23	.00	.23	.01	.23	.01	.23	.01	.23	.02	.23	.02	.23	.03	.23	.03
C = .35	.35	.00	.35	.01	.35	.02	.35	.02	.35	.03	.35	.03	.35	.04	.35	.05
C = .58	.58	.01	.58	.02	.58	.03	.58	.04	.58	.05	.58	.06	.58	.07	.57	.08

[TABLA XII.—MEDIDAS TAQUIMETRICAS—(*Cont.*)

Min.	8°		9°		10°		11°		12°		13°		14°		15°	
	Dist. Hor.	Diff. Elev.	Dist. Hor.	Diff. Elev.	Dist. Hor.	Diff. Elev.	Dist. Hor.	Diff. Elev.	Dist. Hor.	Diff. Elev.	Dist. Hor.	Diff. Elev.	Dist. Hor.	Diff. Elev.	Dist. Hor.	Diff. Elev.
0	98.06	13.78	97.55	15.45	96.98	17.10	96.36	18.73	95.68	20.34	94.94	21.92	94.15	23.47	93.30	25.00
2	98.05	13.84	97.53	15.51	96.96	17.16	96.34	18.78	95.65	20.39	94.91	21.97	94.12	23.52	93.27	25.05
4	98.03	13.89	97.52	15.56	96.94	17.21	96.32	18.84	95.63	20.44	94.89	22.02	94.09	23.58	93.24	25.10
6	98.01	13.95	97.50	15.62	96.92	17.26	96.29	18.89	95.61	20.50	94.86	22.08	94.07	23.63	93.21	25.15
8	98.00	14.01	97.48	15.67	96.90	17.32	96.27	18.95	95.58	20.55	94.84	22.13	94.04	23.68	93.18	25.20
10	97.98	14.06	97.46	15.73	96.88	17.37	96.25	19.00	95.56	20.60	94.81	22.18	94.01	23.73	93.10	25.25
12	97.97	14.12	97.44	15.78	96.86	17.43	96.23	19.05	95.53	20.66	94.79	22.23	93.98	23.78	93.13	25.30
14	97.95	14.17	97.43	15.84	96.84	17.48	96.21	19.11	95.51	20.71	94.76	22.28	93.95	23.83	93.10	25.35
16	97.93	14.23	97.41	15.89	96.82	17.54	96.18	19.16	95.49	20.76	94.73	22.34	93.93	23.88	93.07	25.40
18	97.92	14.28	97.39	15.95	96.80	17.59	96.16	19.21	95.46	20.81	94.71	22.39	93.90	23.93	93.04	25.45
20	97.90	14.34	97.37	16.00	96.78	17.65	96.14	19.27	95.44	20.87	94.68	22.44	93.87	23.99	93.01	25.50
22	97.88	14.40	97.35	16.06	96.76	17.70	96.12	19.32	95.41	20.92	94.66	22.49	93.84	24.04	92.98	25.55
24	97.87	14.45	97.33	16.11	96.74	17.76	96.09	19.38	95.39	20.97	94.63	22.54	93.81	24.09	92.95	25.60
26	97.85	14.51	97.31	16.17	96.72	17.81	96.07	19.43	95.36	21.03	94.60	22.60	93.79	24.14	92.92	25.65
28	97.83	14.56	97.29	16.22	96.70	17.86	96.05	19.48	95.34	21.08	94.58	22.65	93.76	24.19	92.89	25.70
30	97.82	14.62	97.28	16.28	96.68	17.92	96.03	19.54	95.32	21.13	94.55	22.70	93.73	24.24	92.86	25.75
32	97.80	14.67	97.26	16.33	96.66	17.97	96.00	19.59	95.29	21.18	94.52	22.75	93.70	24.29	92.83	25.80
34	97.78	14.73	97.24	16.39	96.64	18.03	95.98	19.64	95.27	21.24	94.50	22.80	93.67	24.34	92.80	25.85
36	97.76	14.79	97.22	16.44	96.62	18.08	95.96	19.70	95.24	21.29	94.47	22.85	93.65	24.39	92.77	25.90
38	97.75	14.84	97.20	16.50	96.60	18.14	95.93	19.75	95.22	21.34	94.44	22.91	93.62	24.44	92.74	25.95
40	97.73	14.90	97.18	16.55	96.57	18.19	95.91	19.80	95.19	21.39	94.42	22.96	93.59	24.49	92.71	26.00
42	97.71	14.95	97.16	16.61	96.55	18.24	95.89	19.86	95.17	21.45	94.39	23.01	93.56	24.55	92.68	26.05
44	97.69	15.01	97.14	16.66	96.53	18.30	95.86	19.91	95.14	21.50	94.36	23.06	93.53	24.60	92.65	26.10
46	97.68	15.06	97.12	16.72	96.51	18.35	95.84	19.96	95.12	21.55	94.34	23.11	93.50	24.65	93.62	26.15
48	97.66	15.12	97.10	16.77	96.49	18.41	95.82	20.02	95.09	21.60	94.31	23.16	93.47	24.70	92.59	26.20
50	97.64	15.17	97.08	16.83	96.47	18.46	95.79	20.07	95.07	21.66	94.28	23.22	93.45	24.75	92.56	26.25
52	97.62	15.23	97.06	16.88	96.45	18.51	95.77	20.12	95.04	21.71	94.26	23.27	93.42	24.80	92.53	26.30
54	97.61	15.28	97.04	16.94	96.42	18.57	95.75	20.18	95.02	21.76	94.23	23.32	93.39	24.85	92.49	26.35
56	97.59	15.34	97.02	16.99	96.40	18.62	95.72	20.23	94.99	21.81	94.20	23.37	93.36	24.90	92.46	26.40
58	97.57	15.40	97.00	17.05	96.38	18.68	95.70	20.28	94.97	21.87	94.17	23.42	93.33	24.95	92.43	26.45
60	97.55	15.45	96.98	17.10	96.36	18.73	95.68	20.34	94.94	21.92	94.15	23.47	93.30	25.00	92.40	26.50
.23	.23	.03	.23	.04	.22	.04	.22	.05	.22	.05	.22	.05	.22	.06	.22	.06
.35	.34	.05	.34	.06	.34	.06	.34	.07	.34	.08	.34	.08	.34	.09	.34	.09
.58	.57	.09	.57	.10	.57	.11	.57	.12	.57	.13	.57	.14	.56	.15	.56	.16

TABLA XII.—MEDIDAS TAQUIMETRICAS—(*Cont.*)

Min.	16°		17°		18°		19°		20°		21°		22°		23°	
	Dist. Hor.	Diff. Elev.	Dist. Hor.	Diff. Elev.	Dist. Hor.	Diff. Elev.	Dist. Hor.	Diff. Elev.	Dist. Hor.	Diff. Elev.	Dist. Hor.	Diff. Elev.	Dist. Hor.	Diff. Elev.	Dist. Hor.	Diff. Elev.
0	92.40	26.50	91.45	27.96	90.45	29.39	89.40	30.78	88.30	32.14	87.16	33.46	85.97	34.73	84.73	35.97
2	92.37	26.55	91.42	28.01	90.42	29.44	89.36	30.83	88.26	32.18	87.12	33.50	85.93	34.77	84.69	36.01
4	92.34	26.59	91.39	28.06	90.38	29.48	89.33	30.87	88.23	32.23	87.08	33.54	85.89	34.82	84.65	36.05
6	92.31	26.64	91.35	28.10	90.35	29.53	89.29	30.92	88.19	32.27	87.04	33.59	85.85	34.86	84.61	36.09
8	92.28	26.69	91.32	28.15	90.31	29.58	89.26	30.97	88.15	32.32	87.00	33.63	85.80	34.90	84.57	36.13
10	92.25	26.74	91.29	28.20	90.28	29.62	89.22	31.01	88.11	32.36	86.96	33.67	85.76	34.94	84.52	36.17
12	92.22	26.79	91.26	28.25	90.24	29.67	89.18	31.06	88.08	32.41	86.92	33.72	85.72	34.98	84.48	36.21
14	92.19	26.84	91.22	28.30	90.21	29.72	89.15	31.10	88.04	32.45	86.88	33.76	85.68	35.02	84.44	36.25
16	92.15	26.89	91.19	28.34	90.18	29.76	89.11	31.15	88.00	32.49	86.84	33.80	85.64	35.07	84.40	36.29
18	92.12	26.94	91.16	28.39	90.14	29.81	89.08	31.19	87.96	32.54	86.80	33.84	85.60	35.11	84.35	36.33
20	92.09	26.99	91.12	28.44	90.11	29.86	89.04	31.24	87.93	32.58	86.77	33.89	85.56	35.15	84.31	36.37
22	92.06	27.04	91.09	28.49	90.07	29.90	89.00	31.28	87.89	32.63	86.73	33.93	85.52	35.19	84.27	36.41
24	92.03	27.09	91.06	28.54	90.04	29.95	88.96	31.33	87.85	32.67	86.69	33.97	85.48	35.23	84.23	36.45
26	92.00	27.13	91.02	28.58	90.00	30.00	88.93	31.38	87.81	32.72	86.65	34.01	85.44	35.27	84.18	36.49
28	91.97	27.18	90.99	28.63	89.97	30.04	88.89	31.42	87.77	32.76	86.61	34.06	85.40	35.31	84.14	36.53
30	91.93	27.23	90.96	28.68	89.93	30.09	88.86	31.47	87.74	32.80	86.57	34.10	85.36	35.36	84.10	36.57
32	91.90	27.28	90.92	28.73	89.90	30.14	88.82	31.51	87.70	32.85	86.53	34.14	85.31	35.40	84.06	36.61
34	91.87	27.33	90.89	28.77	89.86	30.19	88.78	31.56	87.66	32.89	86.49	34.18	85.27	35.44	84.01	36.65
36	91.84	27.38	90.86	28.82	89.83	30.23	88.75	31.60	87.62	32.93	86.45	34.23	85.23	35.48	83.97	36.69
38	91.81	27.43	90.82	28.87	89.79	30.28	88.71	31.65	87.58	32.98	86.41	34.27	85.19	35.52	83.93	36.73
40	91.77	27.48	90.79	28.92	89.76	30.32	88.67	31.69	87.54	33.02	86.37	34.31	85.15	35.56	83.89	36.77
42	91.74	27.52	90.76	28.96	89.72	30.37	88.64	31.74	87.51	33.07	86.33	34.35	85.11	35.60	83.84	36.80
44	91.71	27.57	90.72	29.01	89.69	30.41	88.60	31.78	87.47	33.11	86.29	34.40	85.07	35.64	83.80	36.84
46	91.68	27.62	90.69	29.06	89.65	30.46	88.56	31.83	87.43	33.15	86.25	34.44	85.02	35.68	83.76	36.88
48	91.65	27.67	90.66	29.11	89.61	30.51	88.53	31.87	87.39	33.20	86.21	34.48	84.98	35.72	83.72	36.92
50	91.61	27.72	90.62	29.15	89.58	30.55	88.49	31.92	87.35	33.24	86.17	34.52	84.94	35.76	83.67	36.96
52	91.58	27.77	90.59	29.20	89.54	30.60	88.45	31.96	87.31	33.28	86.13	34.57	84.90	35.80	83.63	37.00
54	91.55	27.81	90.55	29.25	89.51	30.65	88.41	32.01	87.27	33.33	86.09	34.61	84.86	35.85	83.59	37.04
56	91.52	27.86	90.52	29.30	89.47	30.69	88.38	32.05	87.24	33.37	86.05	34.65	84.82	35.89	83.54	37.08
58	91.48	27.91	90.48	29.34	89.44	30.74	88.34	32.09	87.20	33.41	86.01	34.69	84.77	35.93	83.50	37.12
60	91.45	27.96	90.45	29.39	89.40	30.78	88.30	32.14	87.16	33.46	85.97	34.73	84.73	35.97	83.46	37.16
.23	.22	.07	.22	.07	.22	.07	.22	.08	.21	.08	.21	.08	.21	.09	.21	.09
.35	.34	.10	.34	.11	.33	.11	.33	.12	.33	.12	.33	.13	.33	.13	.32	.14
.58	.56	.16	.55	.17	.55	.18	.55	.19	.54	.20	.54	.21	.54	.22	.53	.23

TABLA XII.—MEDIDAS TAQUIMETRICAS—(*Cont.*)

Min.	24°		25°		26°		27°		28°		29°		30°	
	Dist. Hor.	Diff. Elev.	Dist. Hor.	Diff. Elev.	Dist. Hor.	Diff. Elev.	Dist. Hor.	Diff. Elev.	Dist. Hor.	Diff. Elev.	Dist. Hor.	Diff. Elev.	Dist. Hor.	Diff. Elev.
0	83.46	37.16	82.14	38.30	80.78	39.40	79.39	40.45	77.96	41.45	76.50	42.40	75.00	43.30
2	83.41	37.20	82.09	38.34	80.74	39.44	79.34	40.49	77.91	41.48	76.45	42.43	74.95	43.33
4	83.37	37.23	82.05	38.38	80.69	39.47	79.30	40.52	77.86	41.52	76.40	42.46	74.90	43.36
6	83.33	37.27	82.01	38.41	80.65	39.51	79.25	40.55	77.81	41.55	76.35	42.49	74.85	43.39
8	83.28	37.31	81.96	38.45	80.60	39.54	79.20	40.59	77.77	41.58	76.30	42.53	74.80	43.42
10	83.24	37.35	81.92	38.49	80.55	39.58	79.15	40.62	77.72	41.61	76.25	42.56	74.75	43.45
12	83.20	37.39	81.87	38.53	80.51	39.61	79.11	40.66	77.67	41.65	76.20	42.59	74.70	43.47
14	83.15	37.43	81.83	38.56	80.46	39.65	79.06	40.69	77.62	41.68	76.15	42.62	74.65	43.50
16	83.11	37.47	81.78	38.60	80.41	39.69	79.01	40.72	77.57	41.71	76.10	42.65	74.60	43.53
18	83.07	37.51	81.74	38.64	80.37	39.72	78.96	40.76	77.52	41.74	76.05	42.68	74.55	43.56
20	83.02	37.54	81.69	38.67	80.32	39.76	78.92	40.79	77.48	41.77	76.00	42.71	74.49	43.59
22	82.98	37.58	81.65	38.71	80.28	39.79	78.87	40.82	77.42	41.81	75.95	42.74	74.44	43.62
24	82.93	37.62	81.60	38.75	80.23	39.83	78.82	40.86	77.38	41.84	75.90	42.77	74.39	43.65
26	82.89	37.66	81.56	38.78	80.18	39.86	78.77	40.89	77.33	41.87	75.85	42.80	74.34	43.67
28	82.85	37.70	81.51	38.82	80.14	39.90	78.73	40.92	77.28	41.90	75.80	42.83	74.29	43.70
30	82.80	37.74	81.47	38.86	80.09	39.93	78.68	40.96	77.23	41.93	75.75	42.86	74.24	43.73
32	82.76	37.77	81.42	38.89	80.04	39.97	78.63	40.99	77.18	41.97	75.70	42.89	74.19	43.76
34	82.72	37.81	81.38	38.93	80.00	40.00	78.58	41.02	77.13	42.00	75.65	42.92	74.14	43.79
36	82.67	37.85	81.33	38.97	79.95	40.04	78.54	41.06	77.09	42.03	75.60	42.95	74.09	43.82
38	82.63	37.89	81.28	39.00	79.90	40.07	78.49	41.09	77.04	42.06	75.55	42.98	74.04	43.84
40	82.58	37.93	81.24	39.04	79.86	40.11	78.44	41.12	76.99	42.09	75.50	43.01	73.99	43.87
42	82.54	37.96	81.19	39.08	79.81	40.14	78.39	41.16	76.94	42.12	75.45	43.04	73.93	43.90
44	82.49	38.00	81.15	39.11	79.76	40.18	78.34	41.19	76.89	42.15	75.40	43.07	73.88	43.93
46	82.45	38.04	81.10	39.15	79.72	40.21	78.30	41.22	76.84	42.19	75.35	43.10	73.83	43.95
48	82.41	38.08	81.06	39.18	79.67	40.24	78.25	41.26	76.79	42.22	75.30	43.13	73.78	43.98
50	82.36	38.11	81.01	39.22	79.62	40.28	78.20	41.29	76.74	42.25	75.25	43.16	73.73	44.01
52	82.32	38.15	80.97	39.26	79.58	40.31	78.15	41.32	76.69	42.28	75.20	43.18	73.68	44.04
54	82.27	38.19	80.92	39.29	79.53	40.35	78.10	41.35	76.64	42.31	75.15	43.21	73.63	44.07
56	82.23	38.23	80.87	39.33	79.48	40.38	78.06	41.39	76.59	42.34	75.10	43.24	73.58	44.09
58	82.18	38.26	80.83	39.36	79.44	40.42	78.01	41.42	76.55	42.37	75.05	43.37	73.52	44.12
60	82.14	38.30	80.78	39.40	79.39	40.45	77.96	41.45	76.50	42.40	75.00	43.30	73.47	44.15
.28	.21	.10	.21	.10	.20	.10	.20	.11	.20	.11	.20	.11	.20	.12
.35	.32	.15	.31	.15	.31	.16	.31	.16	.31	.17	.30	.17	.30	.18
.58	.53	.24	.52	.25	.52	.26	.51	.27	.51	.28	.50	.29	.50	.30

TABLA XIII

(Professor Airy, Astronomo Real de Gran Bretaña)

Diferencia actual = diferencia aparente por $\left(1+\frac{T+t-100}{1000}\right)$.

La primera columna es la lectura en pulgadas, del barómetro. La segunda columna es la elevacion correspondiente, en pies, sobre el mar. Diferencias son proporcionales.

I	II	I	II	I	II	I	II
31.00	0	29.49	1361	26.60	4173	23.20	7900
30.97	27	29.47	1379	26.50	4274	23.10	8015
30.96	35	29.45	1398	26.40	4378	23.00	8134
30.91	80	29.43	1417	26.30	4482	22.90	8254
30.90	88	29.41	1435	26.20	4585	22.80	8374
30.82	160	29.39	1454	26.10	4690	22.70	8495
30.81	168	29.37	1473	26.00	4794	22.60	8615
30.78	195	29.33	1509	25.90	4899	22.50	8733
30.77	203	29.32	1519	25.80	5004	22.40	8855
30.73	239	29.20	1630	25.70	5110	22.30	8977
30.72	247	29.00	1818	25.60	5216	22.20	9100
30.65	310	28.90	1913	25.50	5323	22.10	9224
30.64	318	28.80	2007	25.40	5429	22.00	9348
30.55	399	28.70	2101	25.30	5537	21.90	9472
30.54	407	28.60	2196	25.20	5646	21.80	9597
30.38	551	28.50	2291	25.10	5754	21.70	9722
30.32	605	28.40	2387	25.00	5863	21.60	9848
30.31	613	28.30	2483	24.90	5972	21.50	9974
30.18	730	28.20	2580	24.80	6082	21.48	9999
30.17	740	28.10	2677	24.70	6192	21.40	10101
29.92	965	28.00	2774	24.60	6302	21.30	10228
29.91	975	27.90	2873	24.50	6412	21.20	10355
29.90	985	27.80	2969	24.40	6525	21.10	10484
29.87	1012	27.70	3068	24.30	6637	21.00	10613
29.84	1039	27.60	3166	24.20	6750	20.90	10746
29.83	1049	27.50	3265	24.10	6862	20.80	10876
29.77	1103	27.40	3365	24.00	6976	20.70	11006
29.76	1113	27.30	3464	23.90	7090	20.60	11136
29.74	1132	27.20	3564	23.80	7203	20.50	11270
29.67	1195	27.10	3665	23.70	7316	20.40	11404
29.66	1205	27.00	3765	23.60	7433	20.30	11536
29.64	1224	26.90	3866	23.50	7550	20.20	11673
29.54	1314	26.80	3968	23.40	7667	20.10	11808
29.53	1324	26.70	4070	23.30	7782	20.00	11945
29.51	1342						

TABLA XIV

Presiones barometricas correspondiendo á temperaturas de agua hirviente (Plympton).

(Diferencias Proporcionales + −)

Temp. (F.)	Pulg.	Temp. (F.)	Pulg.	Temp. (F.)	Pulg.
183	16.317	193	20.251	203	24.949
184	16.678	194	20.685	204	25.465
185	17.048	195	21.126	205	25.990
186	17.423	196	21.576	206	26.523
187	17.806	197	22.033	207	27.066
188	18.195	198	22.498	208	27.618
189	18.592	199	22.971	209	28.180
190	18.996	200	23.453	210	28.751
191	19.407	201	23.943	211	29.333
192	19.825	202	24.442	212	29.992

TABLA XV

(por Radau)

La primera columna es la lectura en milímetros, del barómetro. La segunda es la elevacion correspondiente en metros sobre el nivel del mar.

Diferencia proporcional = diferencia aparente por $\left(1+\frac{2(T+t)}{1000}\right)$. Temperatura Centigrado.

I	II	I	II	I	II
500	3365.4	585	2110.9	669	1039.3
504	3301.7	590	2042.9	670	1027.3
508	3238.5	593	2002.4	673	991.6
510	3207.1	594	1989.0	675	968.0
514	3144.7	595	1975.5	681	897.3
517	3098.2	597	1948.7	685	850.5
521	3036.6	600	1908.7	692	769.3
524	2990.7	603	1868.8	697	711.8
527	2945.1	607	1816.0	704	632.0
531	2884.7	613	1737.4	709	575.5
535	2824.7	615	1711.4	717	485.9
538	2780.0	622	1621.0	722	430.4
542	2720.8	626	1569.8	728	364.4
545	2676.7	632	1493.6	730	342.5
549	2618.3	636	1443.2	737	266.3
553	2560.3	642	1368.2	742	212.3
557	2502.7	646	1318.6	744	190.8
560	2459.8	652	1244.8	749	137.3
565	2388.8	658	1171.6	756	63.1
569	2332.4	661	1135.3	762	000.0
572	2290.4	663	1113.3	767	− 52.2
577	2220.9	664	1099.2	772	−104.1
581	2165.7	668	1051.2	780	−186.4

TABLA XVI.—CORRECCIONES DE ALTITUD DEL SOL DEBIDO A REFRACCION

Altitud Aparente.....	5°	6°	7°	8°	9°	10°	13°	17°	20°
Refraccion...........	6′	8.5′	7.5′	6.5′	6′	5′	4′	3′	2.5′
Altitud Aparente.....	25°	30°	35°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Refraccion...........	2′	1′40″	1′30″	1′	49″	34″	21″	13″	0

TABLA XVII.—INTERES COMPUESTO

Años.	1%	1.5%	2%	2.5%	3%	3.5%
1	1.010000	1.015000	1.020000	1.025000	1.030000	1.035000
5	1.051010	1.077284	1.104081	1.131408	1.159274	1.187686
10	1.104622	1.160541	1.218994	1.280085	1.343916	1.410599
15	1.160969	1.250232	1.345868	1.448298	1.557967	1.675349
20	1.220190	1.346855	1.485947	1.638616	1.806111	1.989789
25	1.282432	1.450945	1.640606	1.853944	2.093778	2.363245
30	1.347849	1.563080	1.811362	2.097568	2.427262	2.806794
35	1.416603	1.683881	1.999890	2.373205	2.813862	3.333590
40	1.488864	1.814018	2.208040	2.685064	3.262038	3.959260
45	1.564811	1.954213	2.437854	3.037903	3.781596	4.702359
50	1.644632	2.105242	2.691588	3.437109	4.383906	5.584927

Años.	4%	4.5%	5%	6%	7%	8%
1	1.040000	1.045000	1.050000	1.060000	1.070000	1.080000
5	1.216653	1.246182	1.276282	1.338226	1.402552	1.469328
10	1.480244	1.552969	1.628895	1.790848	1.967151	2.158925
15	1.800944	1.935282	2.078928	2.396558	2.759032	3.172169
20	2.191123	2.411714	2.653298	3.207136	3.869685	4.660957
25	2.665836	3.005434	3.386355	4.291871	5.427433	6.848475
30	3.243398	3.745318	4.321942	5.743491	7.612255	10.062657
35	3.946089	4.667348	5.516015	7.686087	10.676582	14.785344
40	4.801021	5.816365	7.039989	10.285718	14.974458	21.724522
45	5.841176	7.248248	8.985008	13.764611	21.002452	31.920449
50	7.106683	9.032636	11.467400	18.420154	29.457025	46.901613

TABLA XVIII.—AMORTIZACION (=P)

(Porciento del total depositado al fin de cada año = P. Interes que gana P, por año = B. Años necesario para amortizar total = Años.

Años.	B = 4%.	B = 5%.	B = 6%	B = 7%.
5	18.4627	18.0975	17.7396	17.3891
10	8.3291	7.9505	7.5868	7.2377
15	4.9941	4.6342	4.2963	3.9795
20	3.3582	3.0243	2.7185	2.4393
25	2.4012	2.0952	1.8227	1.5811
30	1.7830	1.5051	1.2649	1.0586
35	1.3577	1.1072	0.8974	0.7234
40	1.0524	0.8278	0.6462	0.5009
45	0.8262	0.6262	0.4700	0.3500
50	0.6550	0.4777	0.3444	0.2460
60	0.4202	0.2828	0.1876	0.1229
80	0.1814	0.1030	0.0573	0.0314
100	0.0808	0.0383	0.0177	0.0081

(Esta tabla es parte del informe debre " Valuation of Public Utilities by Special Committee to Formulate Principles and Methods for the Valuation of Railroad Property and Other Public Utilities," American Society of Civil Engineers, pagina 338 Proceedings Am. Soc. C. E., Vol. XLIII, No. 2, Feb., 1917. Comite consiste de los Senores Ingenieros Stearns, Churchill, Raymond, Riggs, Snow, Wilgus, y Metcalf.)


B89090509068A